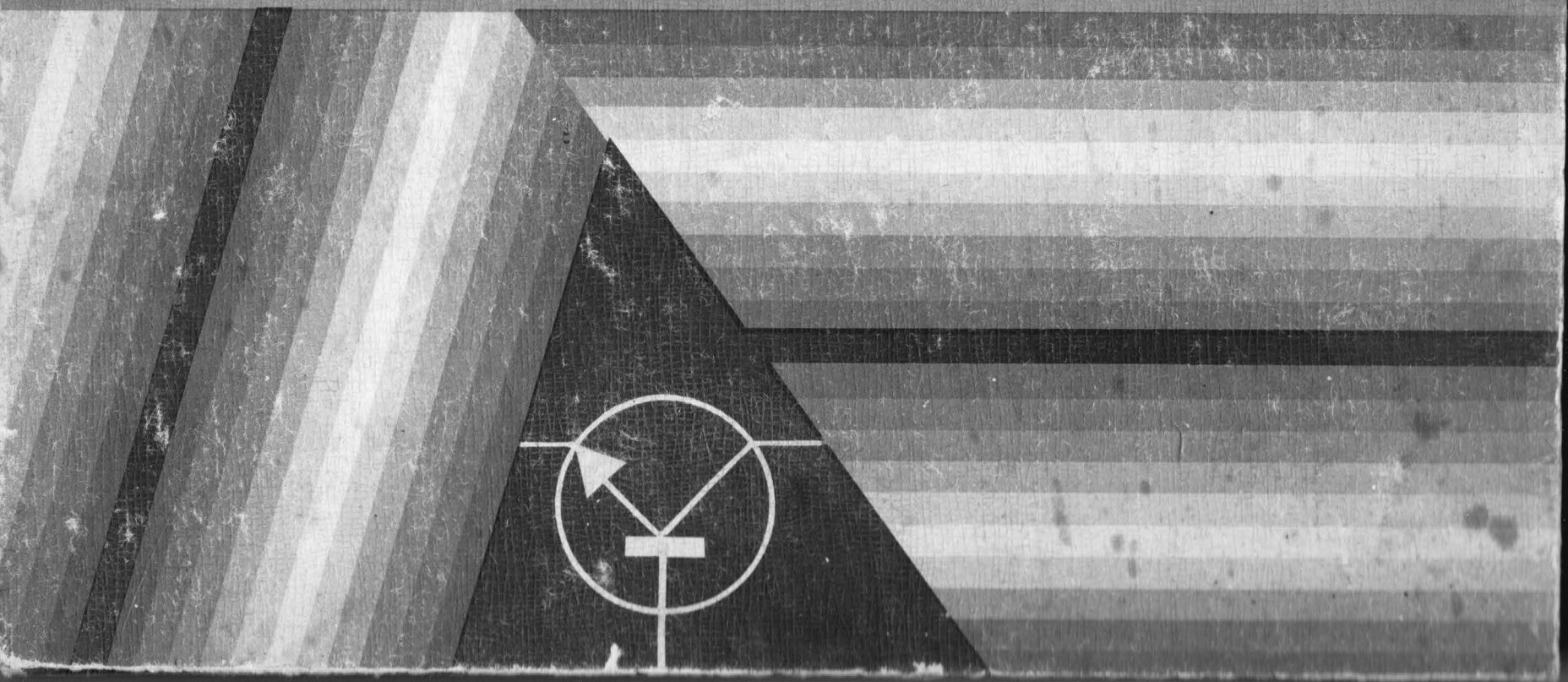
IOSIF GHEȚIE

ELECTRONICA IN FOTOGRAFIE



CUVÎNT ÎNAINTE

Interpunînd aparatul de fotografiat între ochiul nostru și imaginea dorită, vom încerca întotdeauna să apropiem, dacă se poate asimptotic, realitatea vederii de cea a reprezentării.

Pentru a surprinde cît mai bine contextul armonios ce poate exprima viață, mișcare, simbol, atmosferă, va trebui însă să știm să apreciem luminile și umbrele, să le comparăm și să reținem valorile măsurate.

Pentru a surprinde cît mai bine contextul armonios ce poate exprima viață, mișcare, atmosferă, simbol, va trebui să știm să măsurăm luminile, umbrele și să le reținem în valori calibrate.

De la apăsarea declanșatorului pînă la foaia umedă a unei fotografii văzute în lumina galben-verzuie a laboratorului va trebui în primul rînd să măsurăm lumina și să-i adăugăm, dacă este cazul, lumină artificială. În fine, intrați în laborator, pelicula va fi supusă unui tratament ce înseamnă din nou rigoare tehnică în aprecierea duratelor proceselor, verificarea și stabilizarea temperaturii, măsurarea și marcarea timpilor de expunere. Acestea sînt absolut necesare pentru punerea în valoare a imaginii fotografiate sau pentru micșorarea, estomparea unor deficiențe ale expunerii inițiale.

A dota laboratorul fotografic cu dispozitive ce presupun în realizarea lor practică cunoștințe de electronică nu trebuie să constituie un scop în sine. Alegerea unuia sau altuia dintre aceste dispozitive va fi impusă de necesități și posibilități individuale iar utilizarea lor trebuie făcută fără a le fetișiza, neînchipuindu-ne nici un moment că dispunînd de ustensile adecvate, avem asigurate și fotografii de o înaltă ținută artistică.

Cartea tratează următoarele grupuri de probleme:

— Dispozitivele electronice utilizate în fotografie; *sînt prezentate și analizate schemele electrice ale dispozitivelor utilizate la controlul, comanda și măsurarea unor parametri specifici proceselor fotografice.*

— Elemente specifice instrumentarului fotografic și tehnicii de prelucrare a materialelor fotosensibile; *sînt definite domeniile de aplicație ale dispozitivelor electronice, noțiunile și mărimile ce caracterizează procesele fotografice.*

— Elemente de calcul și proiectare; *sînt prezentate principiile de calcul și bazele proiectării principalelor tipuri de dispozitive electronice utilizate în fotografie.*

— Componente electronice utilizate; *sînt indicate caracteristicile principalelor componente ce intră în schemele dispozitivelor analizate.*

În abordarea fiecărei categorii de dispozitive s-a pornit de la elementele specifice tehnicii de expunere și prelucrare a materialelor fotosensibile și de la modul de lucru cu instrumentarul fotografic și de laborator. După stabilirea noțiunilor și mărimilor de lucru, se trece la analiza schemelor și dispozitivelor electronice, prezentate în diverse variante funcționale și tehnologice. În final se indică elementele de proiectare ale principalelor dispozitive electronice utilizate în fotografie.

Tratarea problemelor se face gradat, pornind de la noțiuni de bază și principii de funcționare pînă la prezentarea detaliată a unor scheme și dispozitive de mare complexitate.

Cartea se adresează tuturor fotografilor amatori, profesioniști și specialiști precum și unei largi categorii de tehnicieni și specialiști în electronică, fiind prima lucrare din literatura noastră tehnică consacrată problemelor ce privesc cele două domenii — fotografia și electronica.

Cartea constituie un îndreptar de concepție, utilizare și proiectare a dispozitivelor electronice aplicate în fotografie. Prin exemplificările date, cartea servește la stimularea creativității personale și pune în evidență multiplele posibilități de realizare directă a acestor dispozitive cu componente electronice fabricate în țară.

Țin să mulțumesc conf. ing Sylviu Comănescu pentru prețioasele observații făcute în calitate de referent științific, pentru materialele puse la dispoziție în vederea aducerii la zi a unor exemplificări de aparatură.

Exprim de asemenea mulțumiri ing. Sonia Herman, ing. Victor Balica, ing. Mihai Popa și tehn. Gelu Hrinco pentru atenta parcurgere a lucrării, pentru sugestiile și observațiile aduse și pentru bibliografia pusă la dispoziție.

În sfîrșit, țin să mulțumesc prietenilor și colegilor care prin consultări au permis conturarea unora dintre dispozitivele prezentate.

AUTORUL

CUPRINS

Capitolul 1. **Aparatul fotografic** 13

1.1. Obiectivul fotografic 14
1.2. Obturatorul fotografic 15
1.3. Sistemul de vizare şi punere la punct a clarităţii 17
1.4. Sistemul de antrenare şi poziţionare a filmului 18
1.5. Corpul aparatului fotografic 18
1.6. Dispozitive auxiliare şi accesorii ale aparatului fotografic 18

Capitolul 2. **Mărimi şi unităţi de măsură caracteristice luminii** 19

2.1. Mărimi de radiaţie energetice 19
2.2. Mărimi fotometrice 20

Capitolul 3. **Elemente sensitometrice la materialele fotosensibile negative** 24

3.1. Mărimi caracteristice sensitometriei 24
3.2. Legătura dintre mărimile sensitometrice şi caracteristicile de expunere 30
3.3. Factorii care influenţează procesul de prelucrare a materialelor fotosensibile negative 31

Capitolul 4. **Dispozitive optoelectronice. Caracteristici** 31

4.1. Fotorezistenţa 32
4.2. Fotodioda 34
4.3. Fototranzistorul 37
4.4. Fototiristorul 37
4.5. Celula fotovoltaică 38

Capitolul 5. **Dispozitive de măsurare a iluminării şi expunerii** 41

5.1. Luxmetrul 42
5.2. Exponometre fotoelectrice 44
5.3. Exponometre electronice 47

Capitolul 6. **Principiul de etalonare şi verificare a exponometrelor** 52

6.1. Tabele de expunere fotografică 52
6.2. Indicii de expunere ai exponometrelor 53
6.3. Calculul caracteristicilor de expunere 54
6.4. Corelaţia calculului caracteristicilor de expunere cu sensibilitatea filmului.. 55
6.5. Intreţinerea şi verificarea exponometrelor 56
6.6. Realizarea unui exponometru 57

Capitolul 7. **Comanda de la distanță a aparatului fotografic** 58

7.1. Principiul acționării de la distanță a aparatului fotografic 58
7.2. Comanda electrică manuală 59
7.3. Comanda automată a aparatului fotografic utilizînd radiații infraroșii 60
7.4. Telecomanda prin radio a aparatului fotografic 64
7.5. Telecomanda sonoră a aparatului fotografic 65

Capitolul 8. **Metode de verificare și măsurare a timpului de expunere la aparatele fotografice** 68

8.1. Măsurarea timpilor de expunere prin fotografierea unor subiecte în mișcare .. 68
8.2. Măsurarea timpilor de expunere prin fotografierea cadrelor de televiziune 69
8.3. Măsurarea timpilor de expunere cu osciloscopul 71
8.4. Verificarea diafragmelor 76

Capitolul 9. **Lămpi fulger electronic** 77

9.1. Elemente constructive și funcționale 78
9.2. Principiul de funcționare 79
9.3. Caracteristicile de bază ale lămpilor fulger electronic 80
9.4. Structura luminii emise de lămpile fulger electronic 82
9.5. Tipuri de lămpi fulger electronic 83
9.6. Utilizarea fulgerului electronic în fotografie 84

Capitolul 10. **Dispozitive de măsurare a lămpilor fulger electronic** 85

10.1. Măsurarea tensiunii de aprindere a lămpilor fulger 85
10.2. Determinarea duratei de încărcare a condensatorului principal 86
10.3. Reglarea indicatorului optic 88
10.4. Măsurarea duratei fulgerului electronic 90
10.5. Măsurarea unghiului de proiecție a lămpilor fulger electronic 91
10.6. Sincronizarea lămpilor fulger electronic cu aparatele de fotografiat 92
10.7. Contoare de fulgere electronice 95

Capitolul 11. **Sisteme de alimentare a lămpilor fulger electronic** 96

11.1. Alimentarea de la rețea 97
11.2. Alimentarea de la baterii sau acumulatoare 99
11.3. Economizoare de alimentare 100
11.4. Dispozitivul lampă fulger electronic tip FIL 11 M 102
11.5. Dispozitivul lampă fulger tip MULTIBLITZ-PRESS-UNIVERSAL 106

Capitolul 12. **Servolămpi fulger electronic** 107

12.1. Principiul de funcționare a servolămpilor fulger 108
12.2. Servolampă fulger cu fototranzistor și releu 108
12.3. Servolampă fulger cu fototranzistor și tiristor 109
12.4. Servolampă fulger cu fototiristor 110
12.5. Dispozitivul servolampă fulger electronic FIL 102 110
12.6. Utilizarea servolămpilor fulger în fotografie 111

Capitolul 13. **Lămpi fulger electronic cu computer** 112

13.1. Principiul de funcționare a dispozitivului 113
13.2. Principiul de funcționare a calculatorului 114
13.3. Dispozitivul lampă fulger cu computer 116
13.4. Performanțele lămpilor fulger cu computer 118

Capitolul 14. **Lămpile fulger în fotografia stroboscopică** 119

14.1. Principiul de funcţionare a lămpilor fulger în fotografia stroboscopică 120
14.2. Tipuri de lămpi fulger stroboscopice 121
14.3. Stabilizarea frecvenţei de repetiţie stroboscopică 124
14.4. Utilizarea lămpilor fulger stroboscopice în fotografie 125

Capitolul 15. **Principiul de etalonare şi verificare a lămpilor fulger** 126

15.1. Stabilirea energiei radiante 127
15.2. Principiul de calcul şi verificare a numărului director 127
15.3. Corelaţia calculului numărului director cu sensibilitatea filmului 129
15.4. Exponometre pentru fulgere electronice 129
15.5. Întreţinerea şi verificarea lămpilor fulger 130
15.6. Realizarea unui dispozitiv de lampă fulger 132

Capitolul 16. **Aparatul de mărit** 133

16.1. Corpul de iluminat 133
16.2. Rama port-clişeu 135
16.3. Obiectivul aparatului de mărit 135
16.4. Coloana de susţinere şi planşeta de bază 136
16.5. Accesorii ale aparatului de mărit 136

Capitolul 17. **Elemente sensitometrice la materiale fotosensibile pozitive** 137

17.1. Mărimi caracteristice sensitometriei materialelor pozitive 137
17.2. Legătura dintre caracteristicile materialului negativ şi hîrtia fotografică 140
17.3. Factorii care influenţează procesul de prelucrare a materialelor pozitive 141

Capitolul 18. **Expunerea controlată a fotografiilor. Ceasuri de expunere** 141

18.1. Principiul temporizării electronice 141
18.2. Principiul releului electronic de temporizare 144
18.3. Circuite electronice de temporizare 145
18.4. Principiul expunerii controlate a fotografiilor 152
18.5. Ceasuri de expunere pentru laboratoarele fotografice 154
18.6. Ceasuri pentru semnalizarea controlată a developării 156

Capitolul 19. **Expunerea automată prin reglarea timpului de expunere** 159

19.1. Principiul reglării automate a timpului de expunere 160
19.2. Ceas de expunere automată cu reglarea timpului de expunere 161
19.3. Ceas de expunere automată cu memorarea datelor de expunere 162

Capitolul 20. **Expunerea automată prin reglarea intensităţii sursei de lumină** 164

20.1. Principiul reglării automate a intensităţii sursei de lumină 164
20.2. Comanda intensităţii becurilor cu tiristoare 165
20.3. Comanda intensităţii becurilor cu triac 168
20.4. Ceas de expunere automată cu reglarea intensităţii sursei de lumină 170

Capitolul 21. **Principiul de etalonare şi verificare a ceasurilor cu reglare automată a timpului de expunere** 171

21.1. Elementele geometrice şi optice caracteristice măririi 172
21.2. Elementele fotometrice caracteristice măririi 173
21.3. Caracteristicile fotometrice ale traductorului 174
21.4. Corelarea expunerii automate cu sensibilitatea hîrtiei fotografice 178

21.5. Modul de lucru și aplicabilitatea expunerii automate a fotografiilor 177
21.6. Întreținerea și verificarea ceasurilor de expunere electronice 178
21.7. Realizarea unui ceas electronic cu expunere automată 179

Capitolul 22. **Cronometru electronic cu funcții multiple** 180

22.1. Principiul de măsurare a timpului cu dispozitive electronice 180
22.2. Cronometru electronic cu afișaj dinamic 181
22.3. Cronometru electronic cu afișaj continuu 185
22.4. Generatoare de tact folosite la cronometre de precizie 185
22.5. Utilizarea cronometrului electronic în fotografie 188
22.6. Realizarea unui cronometru electronic cu funcții multiple 192

Capitolul 23. **Dispozitive de măsurare a temperaturii** 193

23.1. Principiul de măsurare a temperaturii 193
23.2. Traductoare de temperatură 193
23.3. Termometre electronice 198
23.4. Termometre electronice cu afișare numerică 204

Capitolul 24. **Termostatarea soluțiilor fotografice** 207

24.1. Necesitatea termostatării soluțiilor fotografice 207
24.2. Principiul termostatării electronice 209
24.3. Termostate pentru soluții fotografice 209
24.4. Termostate pentru cristale de cuarț 212
24.5. Principiul de etalonare și verificare a termostatelor electronice 213

Capitolul 25. **Comanda și reglarea automată a uscătoarelor de hîrtie fotografică** 218

25.1. Principiul de comandă și reglare a uscătoarelor 218
25.2. Termorelee de semnalizare și control al uscătoarelor 219
25.3. Sisteme automate de comandă și reglare a uscătoarelor 220

Capitolul 26. **Dispozitive de măsurare a concentrației soluțiilor fotografice** 223

26.1. Definirea pH-ului 223
26.2. Elemente fizico-chimice caracteristice soluțiilor fotografice 224
26.3. Principiul de măsurare a pH-ului soluțiilor fotografice 226
26.4. PH-metru electronic cu modulator cu diode varicap 227
26.5. PH-metru electronic cu tranzistoare cu efect de cîmp 229
26.6. PH-metru cu afișare numerică 230
26.7. Utilizarea pH-metrelor în fotografie 231

Capitolul 27. **Elemente de bază ale fotografiei color** 232

27.1. Descompunerea spectrală a luminii 232
27.2. Caracteristicile culorilor 232
27.3. Sinteza culorilor 233
27.4. Reprezentarea culorilor 235
27.5. Particularitățile sensitometrice ale materialelor fotosensibile color 238
27.6. Aparate de mărit pentru fotografia color 240

Capitolul 28. **Analizoare de culoare** 242

28.1. Procedeul substractiv de mărire cu set de filtre corectoare adiționale 242
28.2. Procedeul substractiv de mărire cu filtre corectoare încorporate în obiectiv .. 247
28.3. Procedeul substractiv de mărire cu cap de culoare cu filtre interferențiale .. 249
28.4. Procedee aditive de mărire cu filtre color 250
28.5. Principiul de măsură al analizoarelor de culoare 252

28.6. Analizorul de culoare PCA 060 253
28.7. Analizorul de culoare CNA 200 258
28.8. Problemele legate de realizarea și etalonarea unui analizor de culoare 258
28.9. Inglobarea analizoarelor de culoare în sistemele de expunere automată 261

Capitolul 29. **Stabilizatoare de tensiune** 262

29.1. Stabilizatoare în curent alternativ 262
29.2. Stabilizatoare în curent continuu 264
29.3. Stabilizatoare în curent continuu cu circuite integrate 268
29.4. Protecția surselor de tensiune stabilizată 272

Capitolul 30. **Caracteristicile de proiectare ale principalelor componente electronice utilizate în aplicațiile prezentate** 274

30.1. Diode. Punți redresoare 275
30.2. Diode Zener 277
30.3. Tiristoare. Triacuri 279
30.4. Tranzistoare 280
30.5. Dispozitive optoelectronice 284
30.6. Circuite integrate digitale 285
30.7. Circuite integrate liniare 287
30.8. Rezistoare. Termistoare 289
30.9. Condensatoare 291
30.10. Alte componente 293
Bibliografie 294

CAPITOLUL 1

APARATUL FOTOGRAFIC

Analiza schemelor oricărui aparat de clasă profesională apărut în ultimii ani arată rapiditatea pătrunderii dispozitivelor electronice de mare complexitate în structura intimă a aparatelor fotografice. Astfel, un aparat ca ROLLEIFLEX SLX realizează automatizarea marii majorităţi a operaţiilor ce caracterizează procesul de fotografiere. Această automatizare se referă la măsurarea iluminării prin obiectiv, compensarea automată a iluminării laterale, comanda diafragmei şi a timpului de expunere cu micromotoare liniare montate în obiectiv, transportul automat al filmului, realizarea automată a unor secvenţe de cadre şi expuneri multiple pe cadru.

Dispozitivele care realizează aceste funcţii au la bază circuite integrate specializate de tip LSI, schemele electrice şi chiar componentele fiind în general unicate pentru un anumit tip de aparate.

Indiferent de perfecţionările aduse aparatelor pe linia automatizării operaţiilor, preciziei expunerii şi rapidităţii manipulării, există o serie de părţi componente comune unei largi categorii de aparate de fotografiat destinate amatorilor (fig. 1).

Identificarea acestor părţi componente ca terminologie general acceptată sau ca mărimi însoţitoare de definiţie permite aprecierea justă a rolului jucat de ele în procesul de fotografiere.

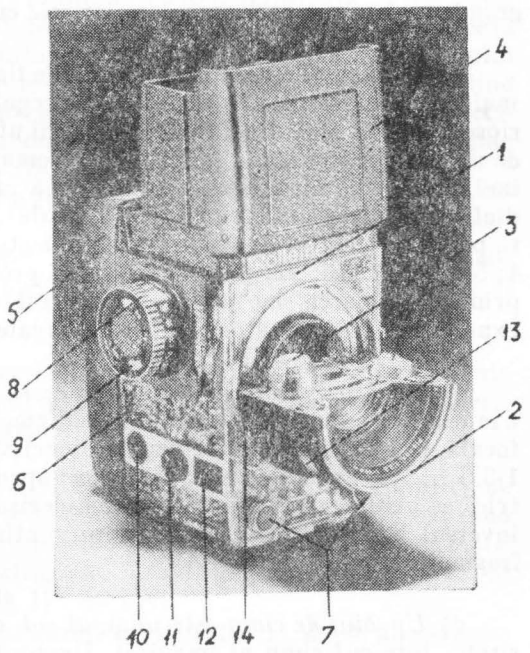


Fig. 1. Aparatul fotografic ROLLEIFLEX SLX:
1 — corpul aparatului; *2* — obiectivul cu montură tip baionetă; *3* — micromotoare liniare pentru comanda diafragmei şi obturatorului; *4* — vizor detaşabil; 5 — caseta port film; *6* — montaj electronic de comandă automată a expunerii; *7* — butoane de declanşare (stînga şi dreapta); *8* — buton de preselecţie a timpului de expunere; *9* — buton de fixare a sensibilităţii filmului; *10* — mufă de comandă şi control; *11* — comutator de selecţie a expunerilor multiple; *12* — tastă de testare a bateriei de alimentare şi a erorilor de expunere; *13* — inel de diafragmare manuală; *14* — inel de focalizare.

1.1 Obiectivul fotografic

Obiectivul constituie un sistem optic compus din mai multe lentile, corectate la diverse aberaţii, ce permite obţinerea în planul emulsiei fotografice a unei imagini cît mai fidele subiectului fotografic. Mărimile şi elementele caracteristice obiectivului sînt:

a) *Distanţa focală* (f) indicată pe montura obiectivului sub forma unor cifre exprimate în milimetri. Un obiectiv se consideră normal dacă distanţa focală a acestuia este egală sau puţin superioară diagonalei formatului de film utilizat. La aparate de format mic, 18×24, cu diagonala $D=43{,}2$ mm, distanţa focală a obiectivelor normale este de obicei $f=50$ mm; la aparatele de format mediu, 60×60, cu diagonala $D=84{,}6$ mm, distanţa focală a obiectivului normal este de 85 mm. Distanţele focale normale asigură, la o diafragmă complet închisă, o claritate a imaginii pe întreaga suprafaţă sensibilă a negativului, inclusiv la colţurile acesteia. În general, obiectivele cu distanţă focală mică se numesc grandangulare sau superangulare iar cele cu distanţă focală mare teleobiective.

b) *Diafragma* constituie sistemul de limitare şi calibrare a fluxului luminos incident ce pătrunde prin obiectiv. De regulă, diafragma este amplasată în interiorul obiectivului. Reglarea deschiderii utile se poate face automat, comandat de un micromotor sau dispozitiv electromagnetic, fie manual, cu ajutorul unui inel exterior gradat în cifre ce exprimă raportul dintre mărimea diametrului diafragmei şi distanţa focală a obiectivului. Practic această valoare este corectată prin coeficientul de transmisie a obiectivului. Şirul de cifre 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32; constituie o progresie geometrică cu raţia 1,41 exprimînd dublarea sau micşorarea în acest raport a nivelului iluminării, deci şi a expunerii, corespunzător poziţiilor marcate pe inelul diafragmei.

c) *Luminozitatea* (d/f) *sau deschiderea relativă maximă* a obiectivului este o mărime ce exprimă raportul dintre diametrul maxim al diafragmei şi distanţa focală a obiectivului. Sînt uzuale obiective cu lentile avînd luminozitatea de 1/3,5 ... 1/2, atingîndu-se chiar valori apropiate de 1/1. În practica exponometrică se utilizează des indicele deschiderii relative a diafragmei (N), definit ca inversul luminozităţii ($N=f/d$), reprezentînd şirul de numere de pe inelul diafragmei.

d) *Unghiul de cîmp* este unghiul sub care obiectivul vede, cu aceeaşi claritate, întregul cîmp al imaginii. Unghiul obiectivelor normale este de circa 50—60°, al obiectivelor superangulare de 85—105° iar al teleobiectivelor de 15—30°. Aceste valori sînt orientative, obiectivele speciale utilizate în fotografia tehnică sau în fotografia artistică de efect ieşind din clasa acestor valori (obiective ochi de peşte sau superteleobiective). Pentru comparaţie, unghiul de perspectivă al ochiului uman este de 28° pe verticală şi 37° pe orizontală.

e) *Puterea de separaţie* exprimă capacitatea obiectivului de a reda clar cît mai multe detalii pe unitatea de suprafaţă. Puterea de separaţie se determină

cu ajutorul unor mire standardizate. Trebuie menţionat că aprecierea acestei caracteristici a obiectivului, la nivelul imaginii obţinute pe hîrtia fotografică, trebuie să ţină cont şi de puterea de separaţie a emulsiilor fotografice utilizate cît şi a obiectivelor sistemelor de mărit.

f) *Profunzimea cîmpului de claritate* (T) reprezintă domeniul din vecinătatea subiectului de fotografiat ale cărui puncte sînt redate pe negativ cu o claritate stabilită. Profunzimea cîmpului de claritate constituie o caracteristică intrinsecă a obiectivelor, fiind determinată de distanţa focală şi deschiderea relativă a obiectivului. Claritatea este asigurată într-un cîmp cu atît mai întins cu cît obiectivul are distanţa focală mai mică şi cu cît diafragma este mai închisă.

1.2 Obturatorul fotografic

Obturatorul constituie dispozitivul ce permite accesul fluxului luminos spre materialul fotosensibil pe o durată de timp determinată. Preselecţia duratei de expunere (t_e) se face prin intermediul unor butoane marcate cu toată gama timpilor de expunere ai aparatului respectiv. Deschiderea obturatorului se face odată cu apăsarea butonului de declanşare, întîrzierea închiderii fiind determinată de timpul de expunere preselectat (funcţionare manuală) sau stabilită automat prin măsurători exponometrice directe ce corelează diafragma preselectată cu timpul de expunere (funcţionare automată).

Mărimile caracteristice ale obturatorului sînt:

a) *Randamentul optic* (η) ca raport între expunerea reală asigurată de obturator şi cea ideală în care se consideră timpii de întîrziere la deschidere şi la închidere nuli.

b) *Gama timpilor de expunere*, reprezentînd domeniul şi valorile calibrate asigurate de aparatul fotografic, timpul de expunere minim şi maxim caracterizînd cel mai bine performanţele obturatorului.

c) *Valorile sau indicii de expunere* (EV) care corelează gama timpilor de expunere cu indicii de deschidere relativă a diafragmei. De fapt exprimă totalitatea expunerilor diferite pe care le poate realiza aparatul din combinaţii de timp de expunere şi indici de diafragmă. Uzual, gama valorilor de expunere a aparatelor fotografice este de 17—20 EV.

După modul de expunere a materialului fotosensibil şi după amplasarea lor există două tipuri mari de obturatoare.

1.2.1 Obturatorul central

Obturatorul central este amplasat fie în obiectiv, fie în apropierea acestuia, fiind constituit dintr-un sistem de lamele care pivotează în jurul unor axe în ambele sensuri sub acţiunea uneui resort tip mecanism de ceasornic sau a unui servomotor. Diagrama de timp a funcţionării obturatorului central este

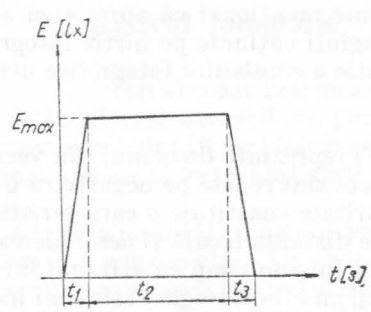


Fig. 2. Diagrama de timp a obturatorului central.

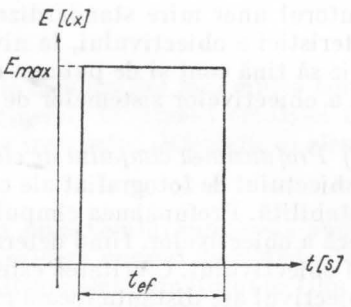


Fig. 3. Diagrama de timp a unui obturator central ideal.

dată în fig. 2, unde t_1, t_2, t_3 reprezintă timpul de deschidere, timpul cît obturatorul este complet deschis și timpul de închidere iar E este iluminarea.

Expunerea luminoasă va fi în acest caz:

$$H = \int_0^t E(t)\,dt = E_{max} \cdot t_{ef}$$

Timpul de expunere efectiv t_{ef} corespunde unui obturator ideal ($t_1 = t_3 = 0$) ce asigură aceeași expunere cu cel real (fig. 3).

Randamentul optic al obturatoarelor centrale este $\eta = 70 - 90\%$ valorile fiind diferențiate în funcție de timpii de expunere utilizați (legat practic de deschiderea utilă a obiectivului). La timpi de expunere mai mici, randamentul optic este mai scăzut. Gama timpilor de expunere (pentru care se face de fapt etalonarea) este de la 1 s la 1/500 s.

Obturatorul central asigură o bună stabilitate în timp și la variațiile de temperatură a valorilor reale de expunere precum și o sincronizare simplă cu lămpile fulger electronic pentru întreaga gamă a timpilor de expunere. Prin expunerea integrală a imaginilor, obturatoarele centrale permit fotografierea subiectelor aflate în mișcare.

1.2.2 Obturatorul focal

Obturatorul focal este amplasat în imediata apropiere a emulsiei fotosensibile, expunerea fiind realizată printr-o fantă mobilă. Practic, fanta se realizează prin mișcarea a două perdele cu viteze și succesiuni variabile sau a unor lamele metalice (sistemul SEIKO). Deplasarea perdelei se face sub acțiunea unui resort armat pentru fiecare expunere sau a unui servomotor.

Diagrama de timp a funcționării obturatorului focal este dată în fig. 4.

Din cele arătate rezultă că expunerea materialelor fotosensibile se face succesiv (nu instantaneu ca la obturatorul central), odată cu deplasarea fantei de expunere. Este evident că astfel se introduce o eroare privind simultaneitatea momentelor de expunere a diverselor fîșii de imagini. Prin urmare, utilizarea

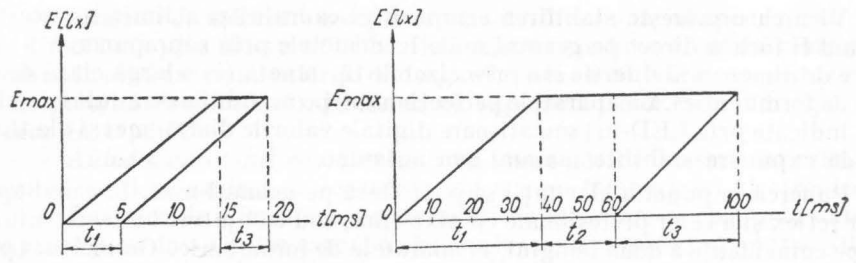


Fig. 4. Diagrama de timp a obturatorului cu perdea longitudinală:
a — t_{exp} = 5 ms = 1/200 s; *b* — t_{exp} = 40 ms = 1/25 s.

aparatelor fotografice cu obturatoare focale la fotografierea subiectelor în mişcare trebuie făcută cu discernămînt, printr-o alegere corespunzătoare a timpilor de expunere şi a poziţiei aparatului, urmărindu-se paralelismul şi identitatea sensurilor de deplasare a fantei cu a subiectului în mişcare.

Randamentul optic al obturatoarelor focale este de 95—97%, fiind determinat de distanţa dintre perdea şi pelicula fotografică.

Gama timpilor de expunere uzuali este de la 1 s la 1/2 000 s. Funcţionarea şi stabilitatea timpilor de expunere ai obturatoarelor focale este influenţată de scăderea temperaturii mediului ambiant sub 0°C.

Din cauza diferenţei de timp a expunerii fîşiilor de imagini, sincronizarea cu lămpile fulger este posibilă numai la timpi de expunere mai lungi, cînd deschiderea fantei asigură, la declanşarea fulgerului, iluminarea integrală a materialului fotosensibil (1/25 ... 1/50 s la obturatoarele focale cu perdea şi 1/60 ... 1/100 s la obturatoarele focale cu lamele metalice).

1.2.3. Obturatorul electronic

Obturatoarele electronice, fără să constituie o noutate principială, reprezintă totuşi o clasă aparte, deoarece momentul închiderii obturatorului nu va fi preselectat ci se asigură automat, comandat de un dispozitiv electronic ce ţine cont de o eventuală diafragmă preselectată şi de sensibilitatea filmului utilizat. Dezvoltarea acestor sisteme poate merge pînă la înglobarea în funcţia obturatorului şi a celei de diafragmă, a cărei deschidere va fi stabilită şi menţinută automat pe toată durata expunerii calculate. Automatizarea se consideră simplă dacă concepţia aparatului prevede fie o prioritate de diafragmă fie o prioritate de timp de expunere, sau dublă dacă sînt admise ambele priorităţi (aparatul MINOLTA XD-7).

1.3 Sistemul de vizare şi punere la punct a clarităţii

Această parte a aparatului serveşte la obţinerea unei imagini de maximă claritate a subiectului fotografiat în planul emulsiei fotosensibile.

Vizarea urmăreşte stabilirea compoziţiei cadrului şi a limitelor acestuia, putînd fi făcută direct pe geamul mat, iconometric prin suprapunerea a două cadre de dimensiuni diferite sau prin vizor de tip lunetă (la o largă clasă de aparate de format mic). La aparatele perfecţionate, pe marginile ecranului de vizare sînt indicate prin LED-uri sau afişoare digitale valorile diafragmei şi ale timpului de expunere stabilite manual sau automat.

Punerea la punct a claritătii se poate face pe geamul mat, în cazul aparatelor reflex şi a celor profesionale cu plan film, sau cu ajutorul telemetrului bazat pe coincidenţa a două imagini, la aparatele de format mic. Geamul mat poate la rîndul lui să aibă un raster de încadrare sau spot simplu, respectiv dublu de focalizare. Uneori unghiul spotului văzut dinspre pelicula fotosensibilă indică şi unghiul de măsură al exponometrului înglobat de tip TTL.

Perfecţionarea punerii la punct se realizează prin folosirea unei diafragme automate cu preselecţie, care permite controlul punerii la punct a claritătii cu diafragma complet deschisă. La celelalte categorii de aparate se face cuplarea sistemului telemetric cu deplasarea obiectivului, operaţiile de vizare şi punere la punct a claritătii fiind simultane. Eroarea de paralaxă nu este eliminată decît la aparatele cu vizare prin obiectiv (SLR).

1.4 Sistemul de antrenare şi poziţionare a filmului

Deplasarea calibrată a filmului, de obicei corelată cu armarea şi declanşarea, constituie o parte mecanică de finete a aparatului de fotografiat. Antrenarea filmului după declanşare poate fi făcu tă şi automat prin comanda dată de un motor. Sistemul de antrenare automată poate fi înglobat sau atașat aparatului. Deplasarea fiecărui cadru este cont orizată. La cele mai perfecţionate modele, transportul automat al filmului se corelează şi cu asigurarea declanşării lămpii fulger ataşate.

1.5 Corpul aparatului fotografic

Corpul aparatului constituie suportul tuturor părţilor componente şi a accesoriilor în vederea realizării unei maxime funcţionalităţi, urmărindu-se în plus calităţile ergonomice şi estetice ale aparatului.

1.6 Dispozitive auxiliare şi accesorii ale aparatului fotografic

Fotografierea unor anumite subiecte, condiţiile speciale de expunere, materialele fotosensibile folosite impun utilizarea unor elemente auxiliare. O parte din ele sînt elemente independente înglobate aparatului, altele în anumite regimuri de lucru corelează în mod automat principalele funcţii ale aparatului iar o parte se adaugă în funcţie de necesităţile concrete de fotografiere.

— *Sistemul de măsurare a expunerii* poate funcționa independent cu măsurare directă sau prin obiectiv (TTL), fie furnizează date ce se prelucrează pentru a stabili în mod automat valorile diafragmei și ale timpului de expunere (în funcție de prioritatea acordată). Prezentarea exponometrelor înglobate aparatului se face în cap. 5.

— *Autodeclanșatorul* ce constituie un sistem de declanșare întîrziată prin folosirea unui mecanism de ceasornic sau a unei temporizări electronice.

— *Unitatea de alimentare* a sistemului de măsurare și comandă automată a expunerii iar în anumite cazuri a sistemului de transport automat al filmului respectiv a lămpii fulger atașate aparatului.

— *Vizorul optic universal* ce permite corecția erorii de paralaxă la utilizarea întregii game de obiective, de la superangulare la teleobiective (la aparatele fără vizare prin obiectiv).

— *Inele distanțiere* ce permit mărirea artificială a distanței focale a obiectivelor sau *dispozitive speciale pentru macrofotografie, reproducere și copiere.*

Lista elementelor auxiliare și a accesoriilor poate fi completată cu filtre (de conversie, de corecție color, UV, de polarizare), parasolare pentru obiective, dispozitive de fixare a aparatelor fotografice pe stative, monturi speciale pentru lămpile fulger, mufe de sincronizare cu lămpile fulger, casete interschimbabile etc.

CAPITOLUL 2

MĂRIMI ȘI UNITĂȚI DE MĂSURĂ CARACTERISTICE LUMINII

Lumina reprezentînd o formă de energie emisă, transportată și recepționată sub formă de radiații, cu efecte fizice măsurabile respectiv cu senzații vizuale perceptibile, se impune prezentarea sumară a unor mărimi și unități energetice sau fotometrice caracteristice ei. Aceste mărimi, însoțite de date cifrice, vor fi folosite în capitolele următoare pentru explicitarea, proiectarea și aprecierea performanțelor aparaturii folosite în fotografie atît la expunere cît și la prelucrare.

2.1 Mărimi de radiație energetice

a) *Energia radiantă* (Q_e) definită ca fiind cantitatea de energie emisă, transmisă sau primită sub formă de radiații. Unitatea de măsură SI corespunzătoare — joule (J) — reprezintă energia radiantă echivalentă unui lucru mecanic de 1 J.

b) *Flux energetic* (Φ_e) definit ca fiind puterea emisă, transmisă sau primită sub formă de radiații:

$$\Phi_e = dQ_e/dt$$

Unitatea de măsură SI corespunzătoare — watt (W) reprezintă fluxul energetic emis în timp de o secundă de către o sursă de radiații care emite energie radiantă de 1J.

c) *Intensitatea energetică* (I_e) definită ca raportul dintre fluxul energetic care părăsește o sursă de radiații (sau element al sursei) pe o direcție dată și elementul de unghi solid în care se propagă.

$$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\lambda}$$

Unitatea de măsură corespunzătoare — watt / steradian (W/sr) — reprezintă intensitatea energetică a unei surse de radiație punctiforme, care emite un flux energetic de 1W într-un unghi solid de 1 steradian, din jurul direcției date.

d) *Luminanța energetică (strălucire radiantă)* (L_e) definită ca raportul între intensitatea energetică, pe o direcție, a unui element al unei suprafețe și aria proiecției ortogonale a elementului de suprafață (dA) pe un plan perpendicular pe direcția dată:

$$L_e = \frac{dI_e}{dA \cdot \cos\theta},$$

unde: θ este unghiul dintre suprafața radiantă și direcția dată. Unitatea de măsură SI corespunzătoare — watt/steradian metru pătrat (W/sr· m^2) — reprezentînd luminanța uniformă a unei surse într-o direcție și într-un punct al unei suprafețe de 1 m^2 a cărei intensitate energetică în direcția normalei la ea este de 1W pe steradian.

e) *Emitanța (radianța) energetică* (M_e) definită ca raportul între fluxul energetic care părăsește un element de suprafață și aria elementului de suprafață:

$$M_e = \frac{d\Phi_e}{dA}.$$

Unitatea de măsură SI corespunzătoare — watt/metru pătrat (W/m^2) — reprezintă emitanța într-un punct al unei suprafețe de un metru pătrat de pe care pornește uniform distribuit un flux energetic de un watt.

2.2 Mărimi fotometrice

Dacă în aprecierea și măsurarea energetică a luminii vom utiliza un receptor care se bazează pe transformarea energiei luminoase în energie electrică sau calorică trebuie să avem în vedere că din punct de vedere fotografic

ochiul omenesc este elementul fundamental de recepție și utilizare a luminii. În acest sens, trebuie să ținem cont de particularitățile ochiului, care acționează selectiv, înregistrînd în general ca senzație vizuală doar radiațiile cuprinse între 400 și 800 nm. Pentru același flux energetic, senzația luminoasă, din punct de vedere al intensității, este diferențiată funcție de lungimea de undă. Aceasta ne obligă să trecem de la mărimile energetice la mărimi fotometrice ce caracterizează percepția luminii.

a) *Intensitatea luminoasă* (I) a fost stabilită ca mărime fundamentală SI, unitatea ei de măsură fiind aleasă candela (cd). Prin convenție internațională, ea reprezintă intensitatea luminoasă în direcția normalei, a unei suprafețe de 1/600 000 m^2, a unui corp negru la temperatura de solidificare a platinei pure și la presiunea de 101 325 N/m^2 [33]. Acest etalon pus în concordanță cu un fotoelement, cu o curbă de sensibilitate convenabil aleasă, prin măsurarea curenților care iau naștere, permite aprecierea obiectivă a măsurătorilor fotometrice.

b) *Fluxul luminos* (Φ) definit ca produsul dintre intensitatea luminoasă a unei surse de lumină într-o direcție dată și elementul de unghi solid din jurul acestei direcții:

$$d\Phi = I \cdot d\lambda.$$

Unitatea de măsură a fluxului luminos a fost aleasă lumenul ($1m = cd \cdot sr$), reprezentînd fluxul luminos emis într-un unghi solid de 1 steradian din jurul unei direcții date, de o sursă punctiformă care are o intensitate de o candelă.

c) *Energia luminoasă* (Q) definită ca fiind cantitatea de lumină radiată sau primită în unitatea de timp:

$$Q = \int \Phi dt.$$

Unitatea SI corespunzătoare energiei luminoase este lumen·secunda ($lm \cdot s = cd \cdot sr \cdot s$), reprezentînd fluxul luminos de 1 lumen radiat sau primit timp de o secundă.

d) *Luminanța (strălucirea)* (L) definită ca raportul între intensitatea luminoasă, într-o direcție a unui element de suprafață și aria proiecției ortogonale a elementului de suprafață pe un plan perpendicular pe direcția dată:

$$L = dI/dA \cdot \cos\theta,$$

unde θ este unghiul dintre suprafața radiantă și direcția dată. Unitatea de măsură SI adoptată pentru luminanță este cd/m^2 (nit), reprezentînd luminanța unei suprafețe de 1 m^2 a cărei intensitate luminoasă pe direcția normalei este de o candelă.

Dacă aria suprafeței se exprimă în cm^2, unitatea de luminanță va fi stilbul (sb) sau apostilbul (asb).

$$1\ sb = 1\ cd/1\ cm^2 = 10\ 000\ cd/m^2 = 10^4\ nit \qquad 1asb = \frac{1}{\pi}\ nit$$

Strălucirea diferitelor corpuri luminoase sau difuzante este foarte variată. Pentru exemplificare citām cîteva situaţii [11]:

– cer nocturn fără lună	circa 10^{-8} sb
– cer acoperit	circa 0,05 – 0,3 sb
– cer senin	circa 0,15 sb
– nori iluminaţi	circa 3 sb
– soarele la orizont	circa 600 sb
– soarele la zenit	circa 150 000 sb
– bec neon	circa 0,1 sb
– flacăra unei luminări	circa 0,5 sb
– lampă cu petrol	circa 0,6 – 14 sb
– flacără acetilenă	circa 11 – 15 sb
– corp negru la 2040°K	circa 60 sb
– bec cu filament de tungsten (în vid)	circa 150 – 200 sb
– bec cu filament de tungsten (în gaz)	circa 200 – 1500 sb
– arc cu cărbune pur	circa 8 500 – 18 000 sb
– lampă cu xenon	circa 15 000 – 65 000 sb.

e) *Emitanţa luminoasă* (M) definită ca raportul dintre fluxul luminos care părăseşte un element de suprafaţă şi aria elementului de suprafaţă:

$$M = \frac{d\Phi}{dA}.$$

Unitatea de măsură SI-lumen/m^2 (lm/m^2) reprezintă emitanţa luminoasă într-un punct al unei suprfareţe de 1 m^2 de pe care porneşte uniform distribuit un flux luminos de 1 lumen.

f) *Iluminarea* (E) este definită ca şi emitanţa dar se referă la fluxul luminos primit de un element al unei suprafeţe:

$$E = \frac{d\Phi}{dA}.$$

Unitatea de măsură SI adoptată este lux (lx) reprezentînd iluminarea într-un punct al unei suprafeţe cu aria de 1 m^2 pe care cade uniform distrinbuit un flux luminos de un lumen. Dacă aria suprafeţei se exprimă în cm^2 unitatea de iluminare va fi photul (ph):

1 ph = 1 lm/1 cm^2 = 10 000 lx.

Pentru a compara gradul de iluminare a diverselor suprafeţe se citează cîteva exemple

– iluminarea cerului înstelat	0,01 lx
– iluminarea de noapte cu lună plină	0,1 – 0,2 lx
– iluminarea minimă a unei suprafeţe de lucru	10 lx
– iluminarea minimă pentru citit	40 lx
– iluminarea unui bec de incandescenţă de 500 W la 2 m	425 lx
– iluminarea la umbră pe cer însorit	15000 lx
– iluminarea la sol, vara cu soarele la zenit	100000 lx.

g) *Expunerea luminoasă* (H) definită ca produsul dintre iluminare (E) şi durata iluminării (t):

$$H = \int_{t_1}^{t_2} E(t) \cdot dt.$$

Unitatea de măsură SI stabilită este lux· secunda (lx· s), exprimînd expunerea luminoasă într-un punct al unei suprafeţe cu aria de 1 m^2 care primeşte cantitatea de lumină de 1 lumen· secundă.

Mărimile de legătură dintre mărimile energetice şi cele fotometrice sînt:

h) *Eficacitatea luminoasă* (K) definită ca raportul dintre fluxul luminos şi fluxul energetic al unei radiaţii complexe:

$$K = \frac{\Phi}{\Phi_e}.$$

Unitatea de măsură este lumen/watt (lm/W) reprezentînd eficacitatea luminoasă a unei radiaţii complexe de un flux de 1 lm a cărei putere este de 1 W.

Avînd în vedere că în spectrul vizibil sensibilitatea ochiului este diferită, pentru a caracteriza mai bine acest echivalent mecanic al luminii, s-a introdus şi o mărime specifică prezentată în continuare.

i) *Eficacitatea luminoasă spectrală* (K_λ) definită ca raportul dintre densitatea spectrală (în funcţie de lungimea de undă) a fluxului luminos şi densitatea spectrală (tot în funcţie de lungimea de undă) a fluxului energetic:

$$K_\lambda = \frac{\Phi(\lambda)}{\Phi(\lambda)}.$$

Valoarea maximă a eficacităţii spectrale K_m va fi corespunzătoare lungimii de undă de sensibilitate maximă a ochiului (555 nm) şi este de 680 lm/W.

j) *Eficacitatea luminoasă relativă spectrală* (V_λ) definită ca raportul între eficacitatea luminoasă a respectivei radiaţii şi eficacitatea luminoasă maximă K_m.

$$V_\lambda = \frac{K_\lambda}{K_m}.$$

Utilizînd aceste mărimi, se poate trasa funcţia de sensibilitate spectrală a ochiului uman (fig. 5).

Deplasarea spre λ mai mici a curbei de sensibilitate (efectul Purkinje) este indicată de curba *b*.

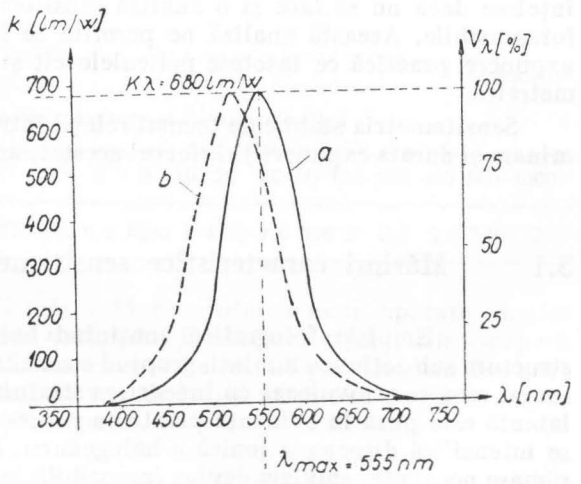


Fig. 5. Curba de sensibilitate spectrală a ochiului uman:
a — fluxuri energetice normale (vedere de zi); *b* — fluxuri energetice reduse (vedere crepusculară).

Corespondența dintre definiția uzuală a culorilor și lungimea de undă cărespunzătoare este dată mai jos:

violet	395 – 435 nm	galben-verde	530 – 560 nm
indigo	435 – 470 nm	galben	560 – 590 nm
albastru	470 – 500 nm	portocaliu	590 – 620 nm
verde	500 – 530 nm	roșu	620 – 750 nm.

Relațiile diferitelor mărimi fotometrice cît și utilizarea altor unități de măsură tradiționale țărilor anglo-saxone, valoarea acestora exprimată în unități SI, sînt date în literatura de specialitate [23, 43].

CAPITOLUL 3

ELEMENTE SENSITOMETRICE LA MATERIALELE FOTOSENSIBILE NEGATIVE

Modalitățile de stabilire a caracteristicilor de expunere a emulsiilor fotosensibile, legată de sensibilitatea acestora cît și de mărimile ce caracterizează fluxul luminos (măsurate prin sisteme exponometrice), nu pot fi complet înțelese dacă nu se face și o analiză sensitometrică riguroasă a materialelor fotosensibile. Această analiză ne permite să înțelegem mai bine tabelele de expunere practică ce însoțesc peliculele cît și modul de etalonare a exponometrelor.

Sensitometria stabilește tocmai relații între expunere (ca produs între iluminare și durata expunerii) și efectul acesteia asupra peliculei developate.

3.1 Mărimi caracteristice sensitometriei

Emulsia fotografică conținînd halogenuri de argint își schimbă structura sub acțiunea luminii, grupînd o cantitate de Ag proporțională cu expunerea, ceea ce echivalează cu înnegrirea stratului fotosensibil. Această imagine latentă este pusă în evidență printr-un proces chimic de developare prin care se intensifică disocierea ionică a halogenurii. Prin eliminarea sărurilor de Ag rămase neexpuse, emulsia devine insensibilă la lumină, imaginea cîștigînd stabilitate în timp.

Dacă eșantioane de material fotosensibil sînt expuse diferențiat, după prelucrare se obține o imagine, ce cuprinde tonalități ce merg diferențiat de la

transparent la complet opac, numită sensitogramă (fig. 6). Efectuarea practică a unei sensitograme se face cu ajutorul unui sensitometru al cărui sistem de funcţionare se bazează pe reglarea iluminării printr-un sistem optic cu durate de iluminare date [21].

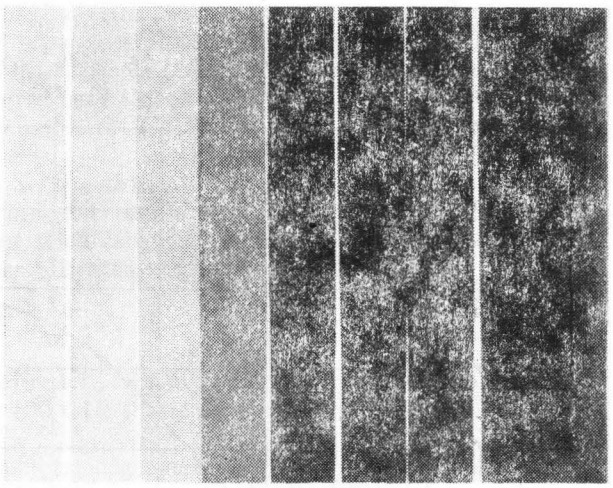


Fig. 6. Sensitograma unui material fotosensibil negativ.

Mărimile caracteristice sensitometriei sînt:

a) *Opacitatea stratului fotosensibil* (O_{SF}). Este mărimea care caracterizează capacitatea emulsiei negative prelucrate de a lăsa să treacă un flux luminos de o intensitate anumită. Uneori pentru exprimarea opacităţii se foloseşte *coeficientul de transmisie* τ.

b) *Densitatea optică* (D). Avînd în vedere că scara opacităţii este foarte întinsă, cu ea operîndu-se dificil în valori directe, practic ca mărime sensitometrică se utilizează logaritmul zecimal al valorilor relative ale opacităţii numită densitate optică (D) (tab. 1):

$$D = \log O_{SF} = \log \frac{1}{\tau}.$$

Tabelul 1

Corespondenţa între opacitate şi densitate optică

Capacitate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	40	80	100	200	400	800	1000
Densitate optică	0	0,3	0,47	0,6	0,69	0,77	0,84	0,9	0,95	1	1,32	1,6	1,9	2	2,3	2,6	2,9	3

Densitatea optică poate fi măsurată cu ajutorul unor aparate numite densitometre, care funcţionează pe principiul fotometrelor [21]. Ele compară două fluxuri de lumină date dintre care unul este trecut prin emulsia de o anumită opacitate. Fluxul de intensitate variabilă are un sistem de reglare, gradat direct în valori ale densităţilor optice.

c) *Curba caracteristică a materialului fotosensibil negativ.* Raportînd într-un sistem de axe rectangulare densitatea optică la logaritmul zecimal al expunerii corespunzătoare ($\log H$) se obţine o curbă denumită curba de înnegrire sau curba caracteristică a materialului negativ (fig. 7).

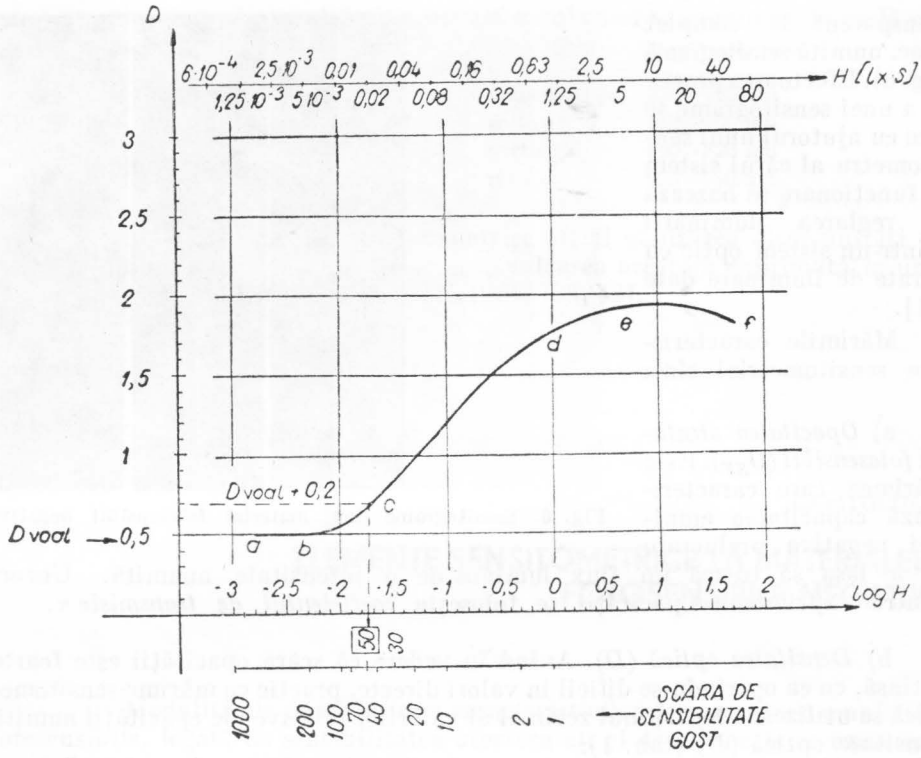


Fig. 7. Curba caracteristică a materialului fotosensibil negativ GOST-50.

În partea superioară a cadranului s-au figurat valorile efective ale expunerilor H exprimate în lx · s, valori ce sînt alese în progresie geometrică cu raţia 2. Analizînd această curbă se remarcă cinci zone caracteristice:

— zona *ab*, de opacitate constantă şi de densitate optică minimă, a cărei înnegrire foarte slabă este independentă de expunere, numită *voal fotografic sau voal chimic*; palierul acestei zone arată că pelicula nu este sensibilă la valori mici ale expunerii iar înnegrirea este rezultatul acţiunii developantului asupra halogenurii de Ag;

— zona *bc*, în care densitatea optică creşte, dar nu proporţional cu expunerea, numită *zonă de subexpunere*;

— zona *cd*, în care se asigură proporţionalitatea între densitatea optică şi expunere, numită *zonă de expunere normală*;

— zona *de*, în care densitatea optică nu mai creşte proporţional cu expuneri ridicate, numită *zona de supraexpunere*;

— zona *ef*, în care densitatea optică devine aproape constantă sau chiar scade, numită *zona de solarizare*.

Expunerea va trebui astfel aleasă ca pentru întreaga gamă de tonuri ale subiectului fotografic să corespundă imagini în zona de expunere normală, care asigură o redare corectă a imaginii.

d) *Sensibilitatea materialului negativ*. Sensibilitatea este o mărime care exprimă capacitatea emulsiei de a produce înnegriri la o expunere cît mai mică. Exprimarea cantitativă a sensibilității ne ajută în stabilirea corectă a expunerii și de a compara între ele diverse tipuri de materiale fotosensibile.

Criteriile de stabilire a sensibilității diferă funcție de metoda sensitometrică folosită la etalonare.

În sistemul GOST-U.R.S.S., sensibilitatea își ia ca punct de referință expunerea corespunzătoare unei înnegriri de o densitate cu 0,2 mai mare ca voalul [12]. Urmărind curba caracteristică (fig. 7), se vede că expunerea H pentru $D_0+0{,}2$ este de 0,02 lx·s. Sensibilitatea respectivei pelicule va fi:

$$S=\frac{1}{H_{D_0}+0{,}2}=\frac{1}{0{,}02}=50 \text{ GOST}$$

Este evident faptul că peliculele sînt mai sensibile cu cît expunerile sînt mai mici; astfel o peliculă de 100 GOST este de două ori mai sensibilă decît o peliculă de 50 GOST.

În cadrul metodei sensitometrice germane DIN, punctul de sensibilitate zero se fixează la expunerea de 1 lx· s (log 1=0) (fig. 8).

Sensibilitatea unei anumite pelicule se stabilește din curba de înnegrire pentru punctul proiectat pe abscisă de sensibilitate corespunzătoare expunerii unei densități optice mai mare cu 0,1 decît voalul. Scara de sensibilitate indicată

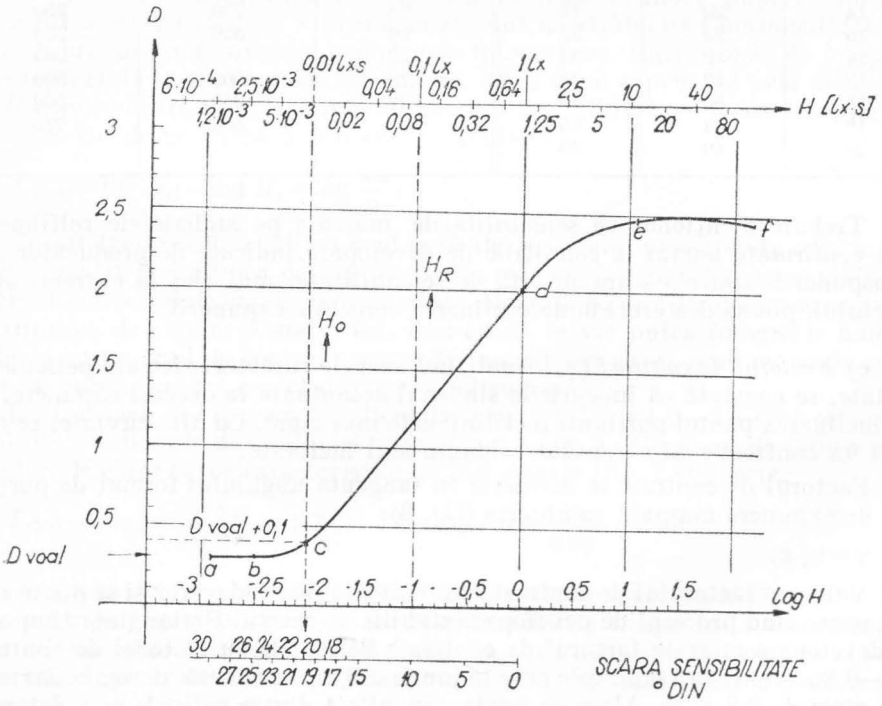


Fig. 8. Curba caracteristică a materialului fotosensibil negativ ORWO 20 DIN.

lîngă abscisă este astfel concepută încît la fiecare 3 grade DIN expunerea scade sau creşte de două ori. Rezultă că pelicula de 21 °DIN este de două ori mai sensibilă decît una de 18°DIN şi de două ori mai puţin sensibilă decît una de 24° DIN.

În cadrul metodei americane ASA ca şi la GOST indicele de sensibilitate indică şi numeric o mărire corespunzătoare a sensibilităţii. Astfel, o peliculă ASA 100 este de două ori mai sensibilă decît o peliculă ASA 50. În această metodă sensibilitatea se determină direct, fiind legată de inversul expunerii $1/H$ corespunzătoare unui punct caracteristic A de pe curba de înnegrire. Punctul A se stabileşte prin deplasarea a două puncte A şi B de pe curbă, astfel ca proiecţia ortogonală pe axa abscisei să fie de 1,5 logaritmi iar panta tangentei dusă în punctul A să reprezinte trei zecimi din panta corzii AB [20].

Tabelul comparativ al diferitelor scări sensitometrice (tab. 2) cu corespondenţele dintre ele este dat în continuare [12].

Tabelul 2

Corespondenţa dintre principalele scări de sensibilitate

DIN	ASA	GOST	DIN	ASA	GOST
10	8—9	8	21	100	90
11	10	8	22	125	130
12	12	11	23	160	130
13	16	16	24	200	180
14	20	16	25	250	250
15	25	22	26	320	250
16	32	32	27	400	360
17	40	32	28	500	500
18	50	45	29	650	500
19	64	65	30	800	720
20	80	65			

Trebuie menţionat că sensibilităţile marcate pe ambalajele rolfilmelor sînt confirmate numai în condiţiile de developare indicate de producător, iar transpunerile dintr-o scară în alta de sensibilitate, mai ales la extremităţile tabelului, pot să dea erori la determinarea corectă a expunerii.

e) *Factorul de contrast* (γ). Analizînd curbele caracteristice ale peliculelor arătate, se constată că înnegririle sînt mai accentuate la aceeaşi expunere, cu cît înclinarea pantei porţiunii rectilinii este mai mare. Cu alte cuvinte, se asigură un contrast mai accentuat la pante mai înclinate.

Factorul de contrast se defineşte ca tangenta unghiului format de porţiunea de expunere normală cu abscisa (fig. 8):

$$\gamma = \operatorname{tg} \alpha.$$

Valoarea factorului de contrast este indicată de producător şi se poate realiza respectînd procesul de developare stabilit de acesta. Prelungirea timpului de developare măreşte factorul de contrast. Peliculele cu factorul de contrast 0,4—0,6 se consideră moi, cele cu γ în jur de 0,7 se consideră normale iar cele mai mari de 0,8 dure. Alegerea uneia sau alteia dintre pelicule este determinată şi de destinaţia fotografiilor efectuate.

f) *Gradul de contrast (intervalul de străluciri).* Gradul de contrast este raportul luminozităților (strălucirilor) extreme ale subiectului de fotografiat ce pot fi redate cu ajutorul emulsiei fotosensibile. Cu cît acest raport sau interval este mai mare, cu atît contrastul este mai puternic.

Pentru a vedea gradul de contrast al unor subiecte uzuale se enumeră cîteva situații specifice cu intervalul lor de strălucire:

– peisaj deschis, vreme mohorită	1 : 2...1 : 3
– peisaj fără cer și fără prim plan	1 : 4 ... 1 : 10
– peisaj deschis cu cer	1 : 20 ... 1 : 60
– peisaj cu prim plan întunecat	1 : 100 ... 1 : 300
– clădiri luminoase, iluminate de soare	1 : 5 ... 1 : 10
– clădiri întunecoase pe fond de cer	1 : 100 ... 1 : 200
– străzi înguste pe timp însorit	1 : 300 ... 1 : 500
– interiorul unei camere luminoase	1 : 100
– fața blondă	1 : 10 ... 1 : 20
– fața brunetă	1 : 30 ... 1 : 100
– obiecte întunecoase pe fond de zăpadă	1 : 500 ... 1 : 1 000
– interiorul camerei în fața ferestrei	1 : 1 000 ... 1 : 5 000 .

În general, peliculele fotosensibile sînt capabile să redea intervale de strălucire de 1:100 pînă la 1:200.

g) *Latitudinea de expunere* (L_{exp}). Din analiza curbei caracteristice (fig. 8), se observă că extremitățile porțiunii rectilinii corespund unor expuneri anumite. Raportul acestor expuneri exprimă intervalul de strălucire (luminozități) ale subiectului care pot fi redate corect prin fotografiere. Latitudinea de fotografiere reprezintă tocmai această capacitate, cifric fiind exprimată prin diferența log H corespunzătoare extremităților porțiunii rectilinii (mai exact între punctele extreme de pe curbă avînd același gradient):

$$L_{exp} = \log H_d - \log H_e = \log \frac{H_d}{H_e}.$$

Cu cît factorul de contrast γ al peliculei este mai mare (panta mai înclinată), cu atît latitudinea de expunere este mai mică (proiecția ortogonală pe abscisă a porțiunii de expunere normală). Rezultă că un film contrast va avea o latitudine de expunere mai mică, deci cu el se vor putea fotografia numai subiecte cu un grad de contrast scăzut iar un subiect cu un grad mare de contrast va putea fi redat corect doar pe o peliculă moale.

Latitudinea de expunere a peliculelor uzuale este de 1,5—2,1 ceea ce corespunde unor intervale de strălucire între 1:32 și 1:126. Latitudinea de expunere a filmelor ale căror curbe caracteristice au fost trasate (fig. 7 și 8) este:

$$L_{GOST} = \log \frac{1{,}25 \text{ lx} \cdot \text{s}}{0{,}078} = 1{,}2 \qquad L_{ORWO} = \log \frac{1 \text{ lx} \cdot \text{s}}{0{,}02} = 1{,}69$$

h) *Sensibilitatea cromatică.* Deoarece în realitate subiectele sînt colorate, redarea lor pe negativ va fi dependentă de sensibilitatea spectrală, cromatică a materialelor fotosensibile. Această redare va fi cu atît mai naturală cu cît caracteristica spectrală a materialului fotosensibil este mai apropiată de cea a vederii umane. Din acest punct de vedere, filmele pancromatice și ortopancromatice, care constituie materialele de bază ale fotoamatorilor ce lucrează

alb-negru, corespund acestor exigențe. Tratarea mai nuanțată a acestor aspecte se impune în cazul peliculelor color reversibile sau negative pentru stabilirea culorilor dominante și a efectului lor asupra peliculei (cap. XXVII și cap. XXVIII).

3.2 Legătura dintre mărimile sensitometrice și caracteristicile de expunere

Expunerea corectă, înțeleasă la nivelul stratului fotosensibil, presupune luarea în considerare a două categorii mari de probleme. Prima este cea legată de caracteristicile de expunere (iluminarea imaginii și durata iluminării) iar cealaltă legată de caracteristicile sensitometrice ale peliculei. Iluminarea imaginii va cuprinde toate elementele ce privesc subiectul fotografic ca: strălucirea sau luminanța acestuia, distanța la care se află de obiect, capacitatea lui de reflexie (în cazul în care se ia în considerare iluminarea lui). La aceasta se adaugă coeficientul de transmisie a luminii prin obiectiv, reglarea iluminării imaginii prin diafragmare cît și fenomene secundare legate de diafragmarea fasciculelor înclinate. Toate aceste elemente pot fi incluse ca efect în valorile diafragmei sau ale indicelui de deschidere relativă a diafragmei.

Celălalt element care caracterizează expunerea — durata iluminării — va fi element secundar, determinat de condițiile de fotografiere dar strîns corelat cu diafragma utilizată.

Din punctul de vedere al caracteristicilor sensitometrice, se va căuta punerea în corelație a expunerii cu sensibilitatea filmului (care impune deplasarea în alte zone de expunere), cu latitudinea de expunere și factorul de contrast, pentru a asigura o redare cît mai fidelă a gamei de strălucire ale subiectului de fotografiat.

Considerînd scăderea iluminării dintre margini spre centru neînsemnată (datorită vignetării și incidenței nenormale a razelor luminoase) pentru situații în care se fotografiază obiecte aflate la o distanță mai mare de 10 f, expresia iluminării peliculei va fi [23]:

$$E = \frac{\pi \cdot L \cdot \tau}{4 N^2} = \frac{\pi \cdot L}{4} \cdot \left(\frac{d}{f}\right)^2,$$

unde E reprezintă iluminarea (lx), L luminanța (nit), τ coeficientul de transmisie a obiectivului iar N indicele de deschidere relativă a obiectivului.

Pentru strălucriri extreme ale subiectului și pentru redare corectă se impune (fig. 8) ca:

$$L_{exp} \geqslant \log \frac{H_d}{H_c} = \log \frac{\frac{\pi \cdot L_d \cdot \tau}{4N^2}}{\frac{\pi \cdot L_e \cdot \tau}{4N^2}} = \log \frac{L_d}{L_e}.$$

Proporționalitatea iluminării cu pătratul diametrului diafragmei este evidentă fiind vorba de o suprafață circulară; aceleași considerații privind variația inversă a iluminării cu pătratul lui f, exprimînd apropierea sau depărtarea obiectivului (deci și a diafragmei) de suprafața fotosensibilă.

Din punct de vedere exponometric, relaţia arătată este valabilă în cazul măsurării luminii reflectate de subiect (luminanţa subiectului). În cazul în care se măsoară lumina incidentă, pentru determinarea luminozităţii se va ţine cont obligatoriu de un coeficient de reflexie ρ, relaţia de legătură dintre luminanţă şi iluminare fiind:

$$L = \rho \cdot E.$$

3.3 Factorii care influenţează procesul de prelucrare a materialelor fotosensibile negative

Prelucrarea materialelor fotosensibile negative constituie un proces chimic şi fizic ce vizează realizarea unei pelicule cu un anumit factor de contrast destinat unei prelucrări ulterioare prin mărire.

Factorii care influenţează procesul de developare sînt:

- tipul şi sensibilitatea materialului folosit;
- tipul revelatorului;
- temperatura revelatorului;
- durata developării;
- agitarea soluţiei de developare.

Fiecare material fotosensibil este indicat a fi developat în aceleaşi condiţii, condiţiile optime fiind stabilite de firma producătoare, şi ele includ de obicei referiri la toţi aceşti factori.

Dacă tipul şi sensibilitatea sînt elemente date iniţial iar revelatorul este ales de o compoziţie şi concentraţie anumită, ceilalţi factori ne sînt la îndemînă să-i controlăm în limite exacte, pentru a asigura factorul de contrast dorit. Aceste elemente pot fi urmărite în sensul menţinerii constante a temperaturii, determinării exacte a timpului de developare cît şi realizării unei agitaţii mecanice a soluţiei la intervale regulate de timp.

Realizarea acestor deziderate este posibilă cu mijloace electronice ce vor fi prezentate pe parcurs în capitolele referitoare la dispozitive electronice utilizate în laboratorul fotografului amator.

CAPITOLUL 4

DISPOZITIVE OPTOELECTRONICE. CARACTERISTICI

Prin dispozitive optoelectronice se înţeleg acele dispozitive care prin structura lor intrinsecă realizează o conversie directă, într-un sens sau altul, a radiaţiilor electromagnetice din spectrul vizibil, infraroşu sau ultraviolet, în energie electrică.

Dacă clasa acestor dispozitive poate fi extinsă de la tuburile cu gaz la cel al laserilor, pentru aplicații practice în fotografie vom lua în considerație acele dispozitive care permit transformarea energiei luminoase în energie electrică. Se asigură astfel suportul fizic de măsurare și utilizare a radiațiilor din spectrul vizibil. Astfel dispozitivele optoelectronice stau la baza realizării exponometrelor exterioare sau înglobate aparatelor de fotografiat, a unor aparate ce măsoară caracteristicile radiațiilor luminoase cît și a unor aparate auxiliare ce intervin în procesul de fotografiere sau de prelucrare a materialelor fotosensibile. Ele vor fi prezentate în acest capitol ca elemente discrete cu principalele caracteristici de funcționare.

4.1 Fotorezistența

Fotorezistența este un dispozitiv semiconductor care-și modifică conductivitatea (rezistența) sub acțiunea unei radiații luminoase de o intensitate și lungime de undă date. Funcționarea ei se bazează pe efectul fotoelectric intern de creștere a numărului de purtători de sarcină prin absorbția radiației incidente.

Constructiv, este alcătuită dintr-un material semiconductor (sulfură de cadmiu-CdS sau selenură de cadmiu-CdSe) depus pe un suport izolant în formă de disc, prevăzut cu doi electrozi, tot dispozitivul fiind montat într-o capsulă metalică sau de plastic, accesul luminii la suprafața fotosensibilă fiind protejată cu lac transparent. Stratul semiconductor este realizat sub formă ondulată.

Pentru a analiza caracteristicile fotorezistențelor, se prezintă pentru exemplificare fotorezistența CdS Philips B8 73103 încapsulată în sticlă și rășină sintetică, cu terminale cositorite (fig. 9).

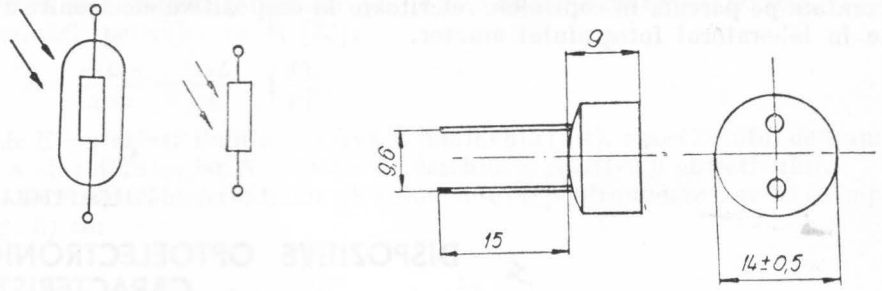


Fig. 9. Simbolul și datele constructive ale fotorezistenței B8 73103.

Principalele caracteristici ale fotorezistenței indicate sînt:

a) *Caracteristica spectrală* — curba V_λ, din care se poate stabili domeniul de sensibilitate și λ de sensibilitate maximă (fig. 10).

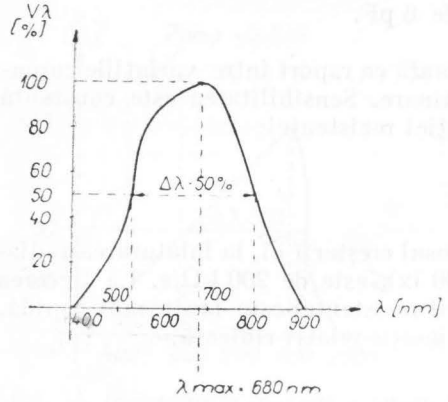


Fig. 10. Caracteristica spectrală a fotorezistenței B8 73103.

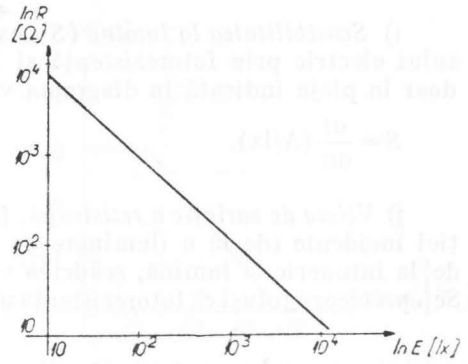


Fig. 11. Caracteristica rezistență-iluminare a fotorezistenței B8 73103.

Deoarece sensibilitatea spectrală este destul de apropiată de cea a ochiului uman (fig. 5) fotorezistențele pot fi utilizate la realizarea luxmetrelor. Eficacitatea spectrală este maximă la 680 nm.

b) *Variația rezistenței electrice* (R) cu iluminarea este dată în fig. 11.

$$R = A \cdot E_{\alpha},$$

unde R este rezistența electrică (ohm), E iluminarea (lx) iar A și α constante de material (la fotorezistențele CdS $\alpha = -0{,}7 \ldots -0{,}9$).

c) *Valoarea rezistenței la întuneric* este de minimum 10 MΩ la o tensiune aplicată de 20 V, după minimum 30 de minute de menținere în condiții de întuneric perfect.

d) *Valoarea rezistenței la iluminare de 1 000 lx* este de 75÷300 Ω, după o expunere de minimum o oră la un bec cu incandescență cu temperatura de culoare de 2 850°K±150°K și ținut la o distanță care să nu ridice temperatura fotorezistenței peste 30°C.

e) *Tensiunea maximă aplicată* este de 150 V, cu condiția să nu fie depășită puterea maximă disipată (fig. 12).

Funcționarea fotorezistenței este în general independentă de tensiunea aplicată.

f) *Puterea maximă disipată* este de 200 mW.

g) *Temperatura de lucru* în gama −20°C ... +60°C.

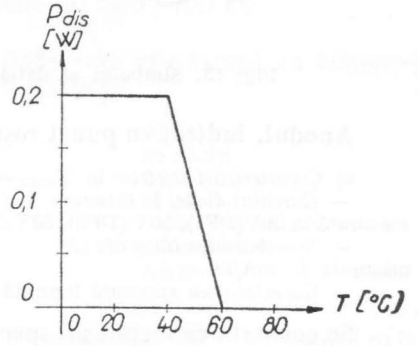


Fig. 12. Caracteristica putere disipată temperatură a fotorezistenței B8 73103

h) *Capacitatea electrică* mai mică de 6 pF.

i) *Sensibilitatea la lumină* (S), exprimată ca raport între variațiile curentului electric prin fotorezistență și iluminare. Sensibilitatea este constantă doar în plaja indicată în diagrama variației rezistenței:

$$S = \frac{dI}{dE} \text{ (A/lx)}.$$

j) *Viteza de variație a rezistenței*, în sensul creșterii ei, la înlăturarea radiației incidente (de la o iluminare de 1 000 lx), este de 200 kΩ/s. La trecerea de la întuneric la lumină, scăderea valorii rezistenței este mult mai rapidă. Se apreciază totuși că fotorezistența are o inerție relativ ridicată.

4.2 Fotodioda

Fotodioda este o joncțiune semiconductoare „PN" polarizată invers al cărei curent variază sub influența variației luminoase. Încapsulate în sticlă, cu două terminale de prindere și o lupă de ghidare a razei incidente, servesc ca detectoare de radiații luminoase constante sau modulate de mică intensitate.

4.2.1 Fotodioda cu germaniu

Pentru exemplificare se prezintă fotodiodele IPRS Băneasa DF1, DF2, DF3 (fig. 13).

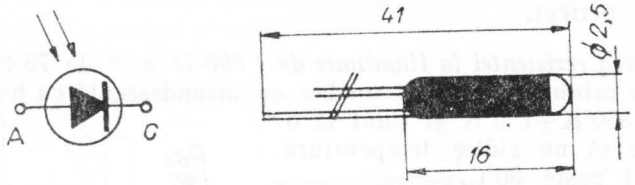


Fig. 13. Simbolul și datele constructive ale fotodiodelor DF1-DF3.

Anodul, indicat cu punct roșu, se leagă la minusul sursei de polarizare.

a) *Caracteristici electrice* la T_{amb}=25°C

	DF1	DF2	DF3
– *Curentul diodei la întuneric* măsurată la 20V(DF1), 50V (DF2), 80V (DF3)	<15 μA	<15 μA	<15 μA
– *Sensibilitatea integrală* (S) măsurată în mA/lm.	⩾50	⩾50	⩾50

– *Caracteristica spectrală* figurată prin V_λ este dată în fig. 14.

Se constată că răspunsul spectral maxim este la λ=1600 nm iar răspunsul spectral nul la λ=2000 nm. De remarcat liniaritatea caracteristicii în spectrul vizibil.

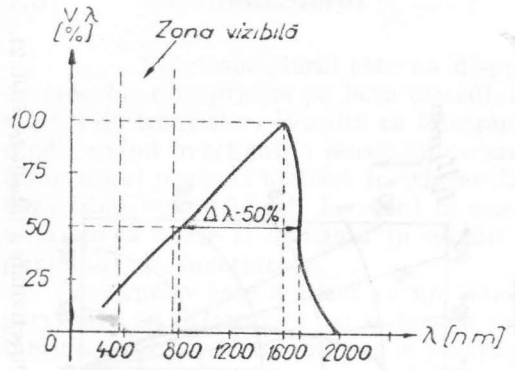


Fig. 14. Caracteristica spectrală a fotodiodelor DF1-DF3.

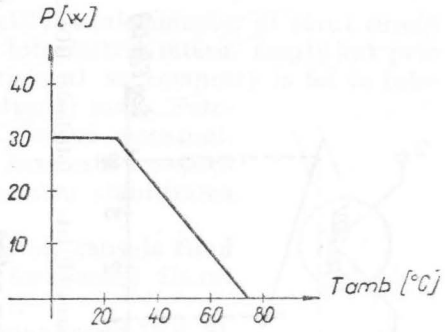


Fig. 15. Diagrama putere disipată-temperatură la fotodiodele DF1-DF3.

b) *Valori limită absolute.*

	DF1	DF2	DF3
– *Tensiunea inversă continuă* (V_R)	20 V	50 V	80 V
– *Curent invers continuu* (I_R)	4 mA	4 mA	4 mA
– *Temperatura de stocare* (T_{stg})		−65°C ... +85°C	
– *Temperatura maximă a joncțiunii* (T_j)		+85°C	
– *Puterea disipată totală* (P_d)	30 mW	30 mW	30 mW

Diagrama puterii disipate (fig. 15) este valabilă la cele trei tipuri de fotodiode cu germaniu prezentate.

4.2.2 Fotodioda cu siliciu

Pentru exemplificare se prezintă caracteristicile fotodiodei ROL 21 ICCE București (fig. 16, 17, 18, 19).

Lungimea de undă la sensibilitatea spectrală maximă este λ=850 nm. Caracteristica spectrală este liniară în domeniul 500—750 nm.

a) *Caracteristici electrice* la T_{amb}=25°C (măsurate cu o lampă cu filament de tungsten, cu temperatura de culoare de 2 850°K).

– *Curentul de întuneric* (I_R) la V_R=50 V	20 nA
– *Sensibilitatea integrală* (S)	30 nA/lx
– *Tensiunea inversă maximă* (V_R)	75 V
– *Fotocurentul* (I_L) la V_R=50 V și E=1 000 lx	25 μA
– *Temperatura de funcționare și stocare*	−40°C ... +100°C
– *Puterea disipată maximă* ($P_{d\,max}$)	200 mW
– *Timpii de comutație* (t_r și t_f) (de creștere și scădere)	1,5 μs.

Fotodioda planară cu siliciu ROL 22 se deosebește de ROL 21 numai prin sensibilitatea integrală mai redusă (0,5 nA/lx) și o caracteristică de directivitate mai largă (70°).

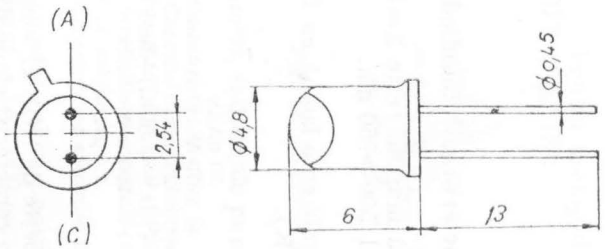


Fig. 16. Datele constructive ale fotodiodei ROL 21.

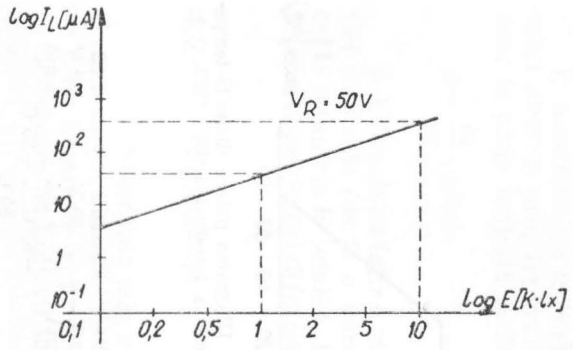


Fig. 17. Caracteristica de sensibilitate a fotodiodei ROL 21.

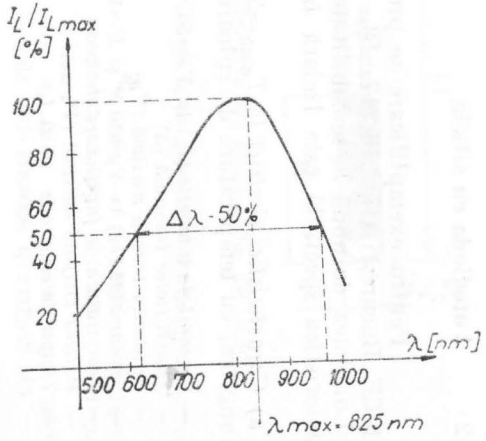


Fig. 18. Caracteristica spectrală a fotodiodei ROL 21.

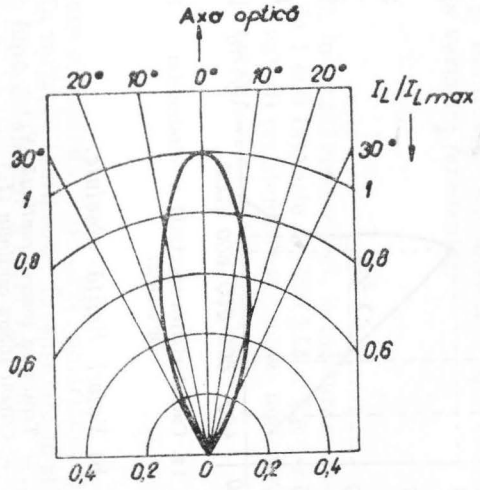


Fig. 19. Caracteristica de directivitate a fotodiodei ROL 21.

4.3 Fototranzistorul

Fototranzistorul este un dispozitiv semiconductor al cărui curent de colector este produs pe baza efectului fotoelectric intern, amplificat prin efectul de tranzistor. Rezultă că fototranzistorul se comportă la fel ca fotodioda, avînd în schimb o sensibilitate mult mai mare. Fototranzistorul poate fi utilizat în scheme în diverse conexiuni, baza fiind lăsată în gol. În cazul în care baza este scoasă ca terminal ea poate fi utilizată în circuit pentru stabilizarea punctului de funcționare.

Constructiv este realizat ca un tranzistor, capsula fiind prevăzută cu o fereastră cu o lentilă ce focalizează fluxul luminos spre structura internă a joncțiunii.

Pentru exemplificare, se prezintă fototranzistorul ROL 31 produs de ICCE București. Datele constructive și caracteristica spectrală sînt identice cu cele ale fotodiodei cu siliciu ROL 21. Simbolul fototranzistorului este dat în fig. 20.

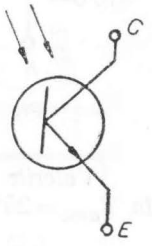


Fig. 20. Simbolul fototranzistorului.

Caracteristici electrice și valori limite absolute

– *Curentul de întuneric* (I_R) la U_{CE}=20 V, E=0	100 nA
– *Sensibilitatea integrală* (S)	10 μA/lx
– *Tensiunea inversă maximă* ($U_{CE\ max\ inv}$)	30 V
– *Fotocurentul* (I_L) la U_{CE}=5 V, E=1 000 lx	5 mA
– *Temperatura de funcționare și stocare* (T_{stg})	−40°C ... +100°C
– *Puterea disipată maximă* ($P_{d\ max}$)	200 mW
– *Timpii de comutație* (t_r și t_f) la U_{CE}=5 V, I_C=5mA (de creștere și scădere)	10μs; 8μs
– *Tensiunea colector emitor maximă* ($U_{CE\ max}$)	30 V
– *Tensiunea de saturație colector emitor* ($U_{CE\ sat}$) măsurate la I_L=0,1 mA și E=1 000 lx	0,3 V
– *Lungimea de undă la sensibilitatea maximă* (λ_{max})	850 nm.

Fototranzistorul ROL 32 spre deosebire de ROL 31 are o sensibilitate mai scăzută (0,5 μA/lx), un fotocurent mai mic (0,1 mA) și o caracteristică de directivitate mai largă (80°).

4.4 Fototiristorul

Fototiristorul este o joncțiune pnpn, deci un tiristor, a cărei amorsare se realizează pe baza efectului fotoelectric intern produs de un fascicol luminos. Constructiv, este realizat ca un tiristor, capsula fiind prevăzută cu o fereastră cu lentilă de focalizare a fluxului luminos spre structura joncțiunilor.

Pentru exemplificare se prezintă caracteristicile fototiristorului tetrodă planar cu siliciu BPX 66 P Philips cu doi electrozi de comandă, care permit comanda tiristorului cu impulsuri pozitive sau negative în funcție de poartă (fig. 21).

Din punct de vedere electric poarta G_A este conectată la masă.

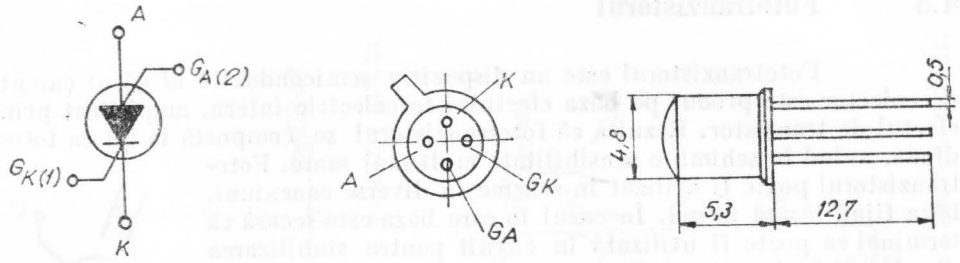


Fig. 21. Simbolul şi datele constructive ale fototiristorului BPX 66P.

Valorile limită absolute şi caracteristicele electrice ale tiristorului BPX 66P la $T_{amb}=25°C$

- *Tensiunea anod-catod directă şi inversă* ($U_{AK\,dir}$ şi $U_{AK\,inv}$) — 70 V
- *Tensiunea anod-poarta 2* (U_{AG_2}) — 70 V
- *Tensiunea poarta 1-catod* (U_{G_1K}) — 5 V

Curentul anodic (I_A)

- *Curentul anodic de vîrf* ($I_{A\,RM}$) pentru $t\leqslant 10\mu s$ — 150 mA
- *Puterea maximă disipată* (P_{dmax}) — 2,5 A
- *Temperatura de stocare şi funcţionare* (T_{stg}) — 250 mW
- *Curentul de întuneric direct catod-poarta 1 la* $U_{AK}=70$ V, $I_{AG_1}=0$ — $-65°\ldots+100°C$
- *Tensiunea pe poarta 1 de amorsare la* $U_{AK}=70$ V, $I_{AG_1}=0$, $R_{KG_1}=1$ MΩ — 1MΩ — $\leqslant 1$ nA
- *Emitanţa energetică sub care tiristorul nu se amorsează* (M_{emin}) la $U_{AK}=70$ V, $I_{AG}=0$, $R_{GK_1}=1$ MΩ, $\alpha=800$ nm — 200 – 500 mV
- *Emitanţa energetică peste care tiristorul se amorsează* (M_e) *la* $U_{AK}=70$ V, $I_{AG}=0$, $R_{GK_1}=1$ MΩ, $\lambda=800$ nm — 0,5 mW/cm²
- *Timpul de creştere* (t_c) pentru o variaţie a emitanţei de la 0 la 1,5 mW/cm² — 1,5 mW/cm²
- *Caracteristica de directivitate* — 20 μs
- *Lungimea de undă de sensibilitate maximă* (λ_{max}) — 60°
  800 nm.

4.5 Celula fotovoltaică

Celula fotovoltaică sau fotoelementul este un dispozitiv optoelectronic, realizat din materiale semiconductoare, asemănător ca principiu cu fotodioda dar care lucrează fără polarizare electrică exterioară, generînd o tensiune sub acţiunea luminii. Dacă bornele acestui element sînt conectate printr-o rezistenţă, prin acesta va trece un curent de o valoare ce depinde de iluminare.

Semiconductorul ce permite apariţia unui efect fotovoltaic este realizat tehnologic prin depuneri succesive pe un suport metalic a două elemente care pot fi seleniu şi cadmiu sau siliciu şi cadmiu, acestea fiind cele două tipuri de fotocelule întîlnite.

Celulele fotovoltaice sînt elementele de bază ale exponometerelor electronice.

4.5.1 Celula fotovoltaică cu siliciu

Pentru exemplificarea caracteristicilor de bază a acestor tipuri de dispozitive optoelectronice se prezintă celula fotovoltaică ROL 11, produsă de ICCE București (fig. 22).

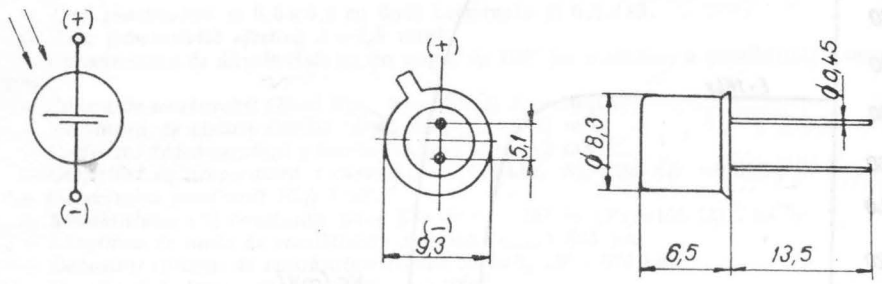


Fig. 22. Simbolul și datele constructive ale celulei fotovoltaice ROL 11.

Principalele caracteristici ale acestei fotocelule sînt:

a) *Curentul de scurtcircuit* (I_{sc}) ce reprezintă curentul ce trece prin fotocelulă, avînd între borne conectată o rezistență de 100 Ω. Valorile uzuale sînt de 40—60 μA la iluminări de 1000 lx. Curentul de scurtcircuit variază proporțional cu iluminarea, fiind dependent de temperatură (creșterea este de 0,2%°C). I_{sc} depinde liniar de mărimea ariei fotosensibile, (fig. 23).

b) *Tensiunea de circuit deschis* (V_{oc}) poate atinge 360 mV la o iluminare de 1000 lx și T_{amb}=25°C. Această valoare depinde de iluminare și de temperatură (scăderea lui este de 3,5 mV/°C la creșterea temperaturii). Nu depinde de mărimea ariei fotosensibile (fig. 24).

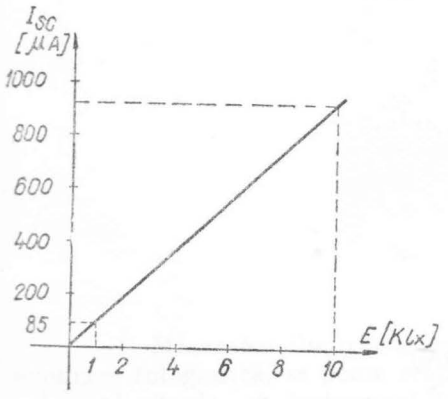


Fig. 23. Caracteristica curent de scurtcircuit-iluminare la celula fotovoltaică ROL 11.

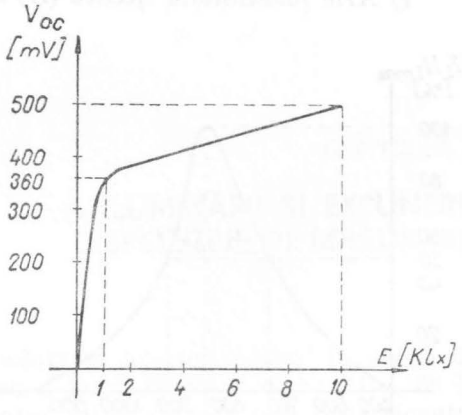


Fig. 24. Caracteristica tensiune de circuit deschis-iluminare la celula fotovoltaică ROL 11.

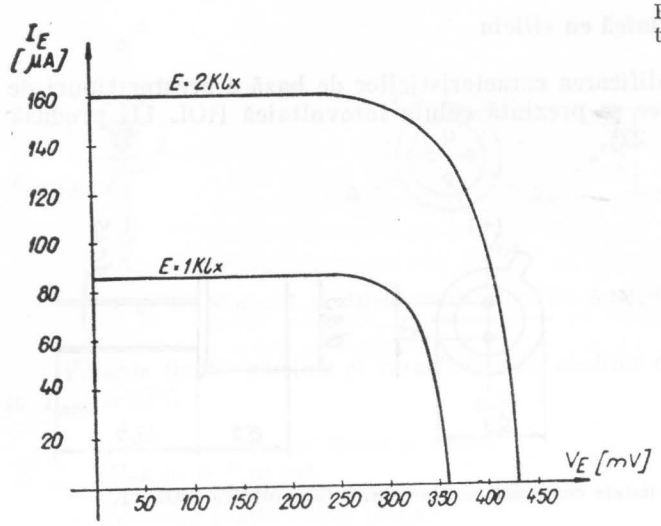


Fig. 25. Caracteristica curent-tensiune la celula fotovoltaică ROL 11.

Dispunînd de aceste date se poate trasa caracteristica volt-ampermetrică a celulei fotovoltaice (fig. 25).

c) *Caracteristica spectrală* este dată în fig. 26.

Se constată că lungimea de undă de sensibilitate maximă este de 850 nm.

d) *Sensibilitatea* (S) este pentru λ_{max} de 10 nA/lx.

e) *Timpii de creștere și scădere* pentru I_L=100 μA și R_L=1 kΩ sînt de circa 12 μs.

f) *Aria fotosensibilă efectivă* (A) este de 13 mm².

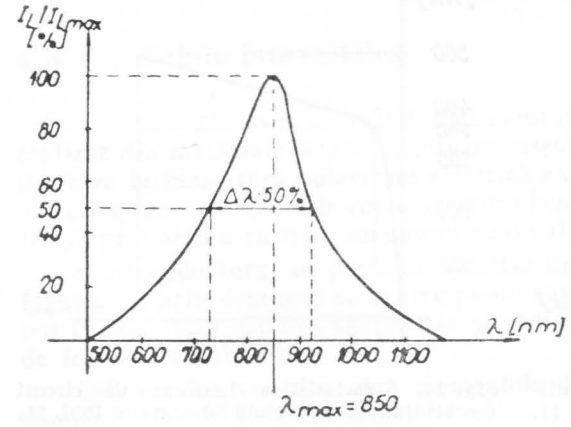


Fig. 26. Caracteristica spectrală a celulei fotovoltaice ROL 11

Bazate tot pe semiconductoare cadmiu siliciu dar cu tehnologii speciale de impurificare s-a reuşit realizarea unor celule fotovoltaice cu caracteristici spectrale foarte apropiate de cea a ochiului, folosite ca detectoare şi elemente de măsură în analiza colorimetrică. Se redau mai jos principalele date ale unei astfel de fotocelule fotovoltaice produse de firm a AEG Telefunken -BPW 21 M:

- *Date constructive* ⌀ 9,6×3,5 cu două terminale ⌀ 0,5×13.
- *Aria fotosensibilă efectivă* A=7,5 mm².
- *Caracteristica de directivitate* cu un unghi de 100° (la o scădere a sensibilităţii maxime cu 50 %).
- *Curent de scurtcircuit* (E=1 klx, R_s=100 Ω) I_{sc}=10 μA.
- *Tensiunea de circuit deschis* (E=1 klx) V_{oc}=380 mV.
- *Coeficient de temperatură a tensiunii* (E=1 klx) −2 mV/°C.
- *Coeficient de temperatură a curentului* (E=1 klx, R_L=100 Ω) −0,05 %/°C.
- *Capacitatea joncţiunii* (C_j) 1 nF.
- *Sensibilitatea* (S) constantă între $E=10^{-2}$ ... 10^5 lx (R_L=100 Ω) 7 nA/lx.
- *Lungimea de undă de sensibilitate maximă* (λ_{max}) 565 nm.
- *Domeniul spectral de sensibilitate redusă cu 50%* 420 − 675 nm.
- *Domeniul de temperatură* −65°C ... +100°C.
- *Timpii de creştere şi scădere* (I_L=100 μA, R_L=1 kΩ) 3,5 μs.

4.5.2 Celula fotovoltaică cu seleniu

Cronologic ele au devansat celulele fotovoltaice cu siliciu. Caracteristica esenţială a acestor tipuri de celule fotovoltaice este apropierea caracteristicii spectrale de cea a ochiului uman. Ataşînd filtre corectoare acestor tipuri de celule se realizează o cvasisuprapunere a caracteristicii lor spectrale cu cea a ochiului. Aceasta explică şi utilizarea lor frecventă în realizarea aparatelor fotometrice de tip luxmetru. Sensibilitatea lor este mai scăzută decît a celulelor cu siliciu, mai ales în domeniul iluminărilor mici (sub 10 lx).

Apariţia celulelor cu siliciu de mic gabarit şi de sensibilitate constantă într-o gamă foarte largă de iluminări a făcut ca ele să fie treptat înlocuite în realizarea exponometrelor moderne.

CAPITOLUL 5

A ILUMINĂRII ŞI EXPUNERII DISPOZITIVE DE MĂSURARE

Măsurarea iluminării, cu traducerea acestor mărimi în valori de expunere fotografică, se poate realiza cu o gamă largă de dispozitive, de la cele mai simple, cu instrument indicator, pînă la cele mai perfecţionate, prevăzute cu afişaj digital şi regimuri multiple de lucru.

Elementele traductoare fotosensibile, ce stau la baza acestor dispozitive, au fost prezentate detaliat în cap. 4. Prin specificitatea lor, exponometrele concepute pentru stabilirea caracteristicilor de expunere în cazul utilizării fulgerelor electronice sînt prezentate în cap. 15.4.

5.1 Luxmetrul

Pentru exemplificare, se prezintă luxmetrul PU 150, produs al firmei Kovo-RSC, ce servește la măsurarea iluminărilor. Utilizarea luxmetrului poate fi diversificată de la măsurători de laborator, inclusiv fotografice, la cele de exterior cu caracter general. Luxmetrul este un instrument obiectiv ce poate servi și la etalonarea exponometrelor.

5.1.1 Construcția luxmetrului

Luxmetrul PU 150 este alcătuit din:
— dispozitivul fotosensibil (*1*);
— instrumentul de măsură (*2*);
— filtre adiționale (*3*).

Dispozitivul fotosensibil cuprinde:
— o celulă fotovoltaică de seleniu tip SF 45 (*4*) care permite măsurarea iluminării în domeniul 10 ... 100 000 lx;
— o fotorezistență (*5*) tip M 223 care permite măsurarea iluminării în domeniul 0 ... 10 lx.

Celula fotovoltaică și fotorezistența sînt acoperite cu un filtru de corecție care asigură o caracteristică spectrală asemănătoare ochiului uman. Utiliza-

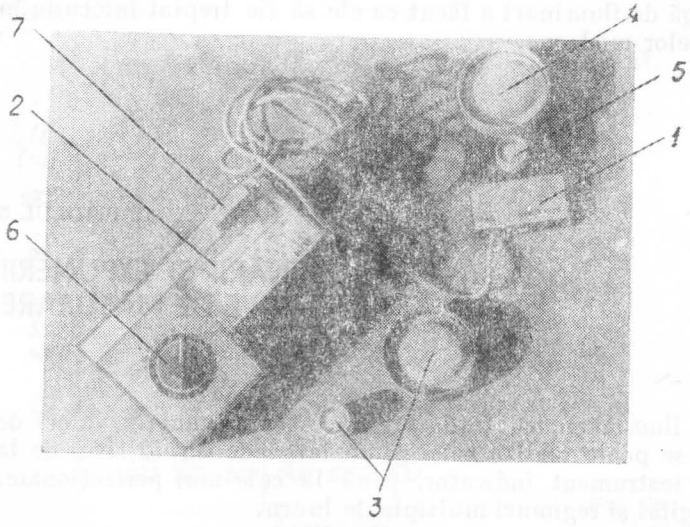


Fig. 27. Luxmetrul PU 150:
1 — sonda de măsură cu dispozitive fotosensibile; *2* — instrumentul de măsură; *3* — filtre adiționale; *4* — celula fotovoltaică de seleniu; 5 — fotorezistența; *6* — comutator de scări și mod de lucru; *7* — mufă de conexiune a sondei de măsură.

rea acestor filtre de dispersie permite eliminarea corecției de unghi de incidență (cos *i*) la stabilirea valorii iluminării.

Instrumentul de măsură cuprinde:

— un microampermetru cu o sensibilitate de 10 μA, având patru scări de măsură 10, 200, 1 000, 5000 lx;

— un comutator de scări și mod de lucru cu pozițiile O (oprit), KB (control baterie), 10 lx, 200 lx, 1 000 lx, 5 000 lx, O (oprit). Are trei cîmpuri (I, II, III).

Legătura dintre dispozitivul fotosensibil și instrument se face cu un cablu flexibil.

Alimentarea luxmetrului se face de la o casetă de baterii (3×1,5 V tip R6) sau baterie Ni-Cd 450 tip Slany.

Filtrele adiționale se utilizează pentru extinderea domeniului de măsură la iluminări mici de la 10 lx la 40 lx prin filtrul notat cu X4, respectiv la iluminări mari de la 5 000 lx la 100 000 lx cu fitrul notat X20.

5.1.2 Modul de funcționare

Din analiza schemei electrice (fig. 28) rezultă următoarele:

Cu comutatorul pe poziția O și cu dispozitivul fotosensibil conectat, indicația instrumentului trebuie să fie de O. În cazul unei mici abateri, echilibrul se stabilește prin reglaj pe panoul instrumentului. În această poziție în paralel cu instrumentul este introdusă rezistența R_6 care asigură o stabilitate mai mare la șocuri și vibrații.

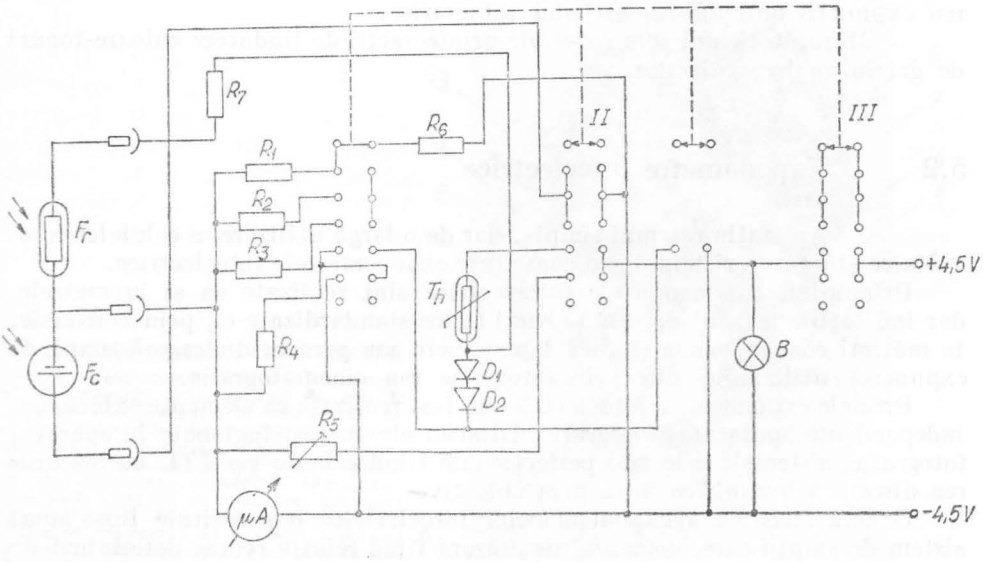


Fig. 28. Schema electrică a luxmetrului PU 150.

Cu comutatorul pe poziția 200 lx, 1 000 lx, 5 000 lx (respectiv de 100 000 lx în cazul utilizării filtrului adițional ×20) fotocelula va fi pusă direct în paralel cu instrumentul, domeniile de măsură fiind asigurate prin rezistențele de șunt R_1, R_2, R_3.

5.1.3 Utilizarea luxmetrului

Luxmetrul este etalonat cu ajutorul unei lămpi de tungsten cu temperatura de culoare de 2 850°K (conform normelor internaționale) avînd următoarele caracteristici:

— domeniul de măsură 0—100 000 lx;
— domeniul de temperatură de lucru —10°C ... +40°C;
— instrumentul este etalonat pentru 20°C±2°C;
— măsurătorile se recomandă a fi efectuate după menținerea dispozitivului fotosensibil timp de 5 minute la iluminarea de măsurat (numai pentru o precizie maximă a măsurătorilor);
— precizia măsurătorilor este de ±10% pe toate scările cu utilizarea filtrelor de dispersie normale și de ±20% cu utilizarea filtrelor adiționale;
— erorile de măsură în cazul iluminărilor produse de tuburile luminiscente sînt de 5% iar pentru sursele luminoase cu un spectru liniar sînt de 10%.

Utilizările practice ale luxmetrului, unele indicate pe parcursul lucrării, sînt:

— Verificarea și măsurarea iluminării diverselor suprafețe.
— Verificarea scalei diafragmelor la aparatele fotografice.
— Etalonarea exponometrelor.
— Măsurători privind caracteristicile traductoarelor folosite la stabilirea expunerii automate a hîrtiilor fotografice.
— Măsurători indirecte spectrale prin corecții de traducere culoare-tonuri de gri în analiza culorilor.

5.2 Exponometre fotoelectrice

Aplicația cea mai simplă, dar de o largă utilizare, a celulelor fotovoltaice și a fotorezistențelor o constituie exponometrele fotoelectrice.

Principial, exponometrele fotoelectrice sînt realizate ca și luxmetrele, dar indicațiile nu sînt date în mărimi fizice standardizate ci, prin conversie, în mărimi convenționale (indici de expunere sau perechi diafragmă-timpi de expunere) utilizabile direct în fotografie sau cinematografie.

Primele exponometre fotoelectrice au fost realizate ca elemente exterioare, independente aparatului fotografic. Ulterior ele au fost înglobate în aparatul fotografic, sistemele cele mai perfecționate fiind cele de tip TTL cu măsurarea directă a luminii ce intră prin obiectiv.

O caracteristică a exponometrelor fotoelectrice o constituie lipsa unui sistem de amplificare, domeniul de măsură fiind relativ redus, determinat de sensibilitatea traductorului.

Exponometrele fotoelectrice care utilizează celule fotovoltaice nu necesită baterii sau acumulatori de alimentare spre deosebire de cele echipate cu fotorezistenţe sau fotodiode.

Din numeroasele tipuri de exponometre fotoelectrice, pentru exeemplificare se prezintă exponometrul LENINGRAD-4, un model uşor reproductibil în clasa lui de performanţe. Acesta serveşte la determinarea timpului de expunere şi a diafragmei la fotografierea pe peliculă alb-negru sau color ca şi la stabilirea frecvenţei de repetiţie a cadrelor de filmare. Se poate lucra cu el la lumină solară sau artificială, în aer liber cît şi în încăperi.

Exponometrul este alcătuit din: celula fotovoltaică cu seleniu (*1*), instrumentul de măsură cu scală (*2*), sistemul de calcul (*3*). Lumina cade pe suprafaţa fotocelulei printr-un geam de tip fagure (*4*). Reglarea fluxului luminos ce cade pe fotocelulă se face cu ajutorul unei diafragme mobile acţionate cu un cursor (*5*) aflat în exteriorul exponometrului.

Instrumentul, un microampermetru, are două scări de indici de expunere 8—14 (*7*) şi 1—8 ce corespund la două domenii de măsură. Schimbarea scării se face tot cu ajutorul cursorului. Cu geamul acoperit, indicaţia instrumentului trebuie să fie zero, reglajul de echilibru făcîndu-se cu ajutorul unui şurub aflat pe spatele exponometrului.

Sistemul de calcul este format din două discuri suprapuse. Discul inferior (*8*), reglabil printr-un inel exterior, cuprinde:

— scala timpilor de măsură împărţită în două zone de la 15 s la 1 s (*9*) şi de la 1 s la 1/1 000 s (*10*);

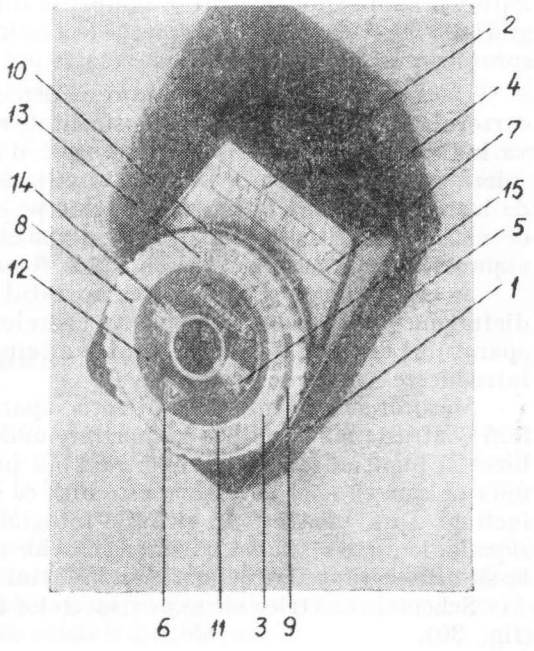


Fig. 29. Exponometrul LENINGRAD 4:
1 — corpul exponometrului; *2* — instrumentul de măsură; *3* — sistemul de calcul; *4* — geam de tip fagure; *5* — buton de selecţie a domeniilor de măsură; *6* — marcă indicatoare; *7* — scala indicilor de expunere; *8* — discul inferior; *9* — scala timpilor de expunere, domeniul 15 s ... 1 s; *10* — scala timpilor de expunere, domeniul 1 s ... 1/1000 s; *11* — scala auxiliară a indicilor de expunere; *12* — discul superior; *13* — scala diafragmelor; *14* — scala de sensibilitate a filmelor în unităţi DIN; *15* — scala de sensibilitate a filmelor în unităţi GOST.

— scala frecvenţelor de repetiţie a cinecadrelor de la 64 la 8 pe secundă;
— scala auxiliară (*11*) cu indicii de expunere care repetă valorile de pe scara instrumentului de măsură.

Discul superior cuprinde:

— scala diafragmelor (*13*) de la 1,4 la 22;
— scala de sensibilitate a filmului în grade DIN (*14*) sau în grade GOST (*15*), scala fiind reglabilă cu ajutorul unui mont de pe suprafaţa discului.

Deoarece exponometrul fotoelectric nu reprezintă un sistem propriu-zis de măsură ci unul de indicaţie specifică mărimilor caracteristice expunerii, modul de funcţionare şi utilizare este relativ simplu şi se referă la următoarele probleme:

— stabilirea perechilor diafragmă-timpi de expunere, luînd ca bază indicii de expunere;
— schimbarea scalei de măsură cu ajutorul cursorului exterior.

Măsurarea efectivă începe cu fixarea pe discul superior a sensibilităţii emulsiei fotografice cu care se lucrează, fie în grade DIN (de la 6 la 30) fie în grade GOST (de la 4 la 1 000), valorile nemarcate de grade GOST fiind 11, 22, 45, 90, 180, 350, 700.

Există două metode de bază pentru determinarea timpului de expunere şi a diafragmei:

— Metoda luminii reflectate, în care se măsoară strălucirea subiectului de fotografiat, strălucire ce depinde de iluminarea subiectului şi de capacitatea lui de reflexie. În acest caz geamul exponometrului se va îndrepta spre subiect, captînd lumina reflectată de acesta.

— Metoda iluminării subiectului, situaţie în care se montează filtrul alb lăptos şi cînd exponometrul se îndreaptă dinspre subiect spre aparatul de fotografiat atunci cînd sursa primară de lumină este mai îndepărtată sau direct spre sursa de lumină cînd ea este foarte puternică.

Dacă indicaţia instrumentului nu depăşeşte cifra 8, se trece cu ajutorul cursorului exterior pe scara de sensibilitate mai mare 1—8. Acul instrumentului va indica pe scala indicilor de expunere o cifră între 1 şi 8. Se roteşte discul inferior, aducînd cifra de pe scala auxiliară, de aceeaşi valoare ca cea indicată de instrument, pînă la reperul fix *v* de pe cadranul instrumentului. Pe scările de diafragmă şi timp de expunere se vor citi perechile de valori ce determină expunerea (de exemplu 1/125 cu 8, 1/250 cu 5,6, 1/60 cu 11 etc.).

În cazul în care se lucrează cu aparatul de filmat, se citeşte raportul dintre diafragma preselectată şi frecvenţa cadrelor, pentru un unghi de deschidere a aparatului de filmat de 180°. Pentru alte unghiuri de deschidere este necesară introducerea unor corecţii.

Măsurătorile făcute din direcţia aparatului sînt corecte pentru peisaje fără contraste mari sau pentru portrete unde intervalul de strălucire dintre subiect şi fond nu este mare. Pentru a nu introduce erori mari la fotografierea unor peisaje cu nori iluminaţi, este bine ca geamul exponometrului să fie puţin înclinat spre pămînt. În situaţia fotografiilor executate în contralumină, pe zăpadă, la mare cît şi la utilizarea filtrelor se impune introducerea unor corecţii la stabilirea timpului de expunere (efectul Schwarzschild).

Schemele electrice ale exponometrelor fotoelectrice sînt deosebit de simple (fig. 30).

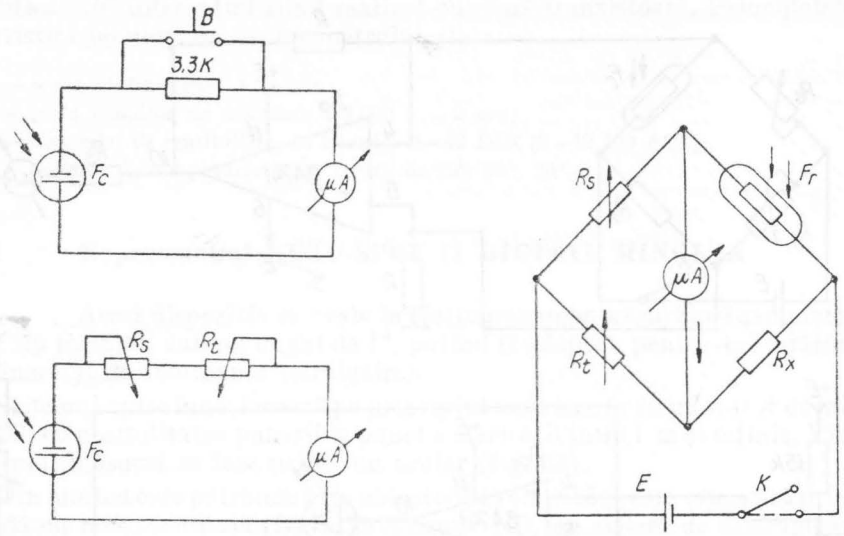


Fig. 30. Schemele electrice ale exponometrelor fotoelectrice.

Astfel, schema electrică a exponometrului LENINGRAD-4 (fig. 30, *a*) cuprinde o celulă fotovoltaică, un microampermetru și o rezistență. Introducerea sau șuntarea rezistenței adiționale pentru schimbarea scalei se face cu ajutorul cursorului *B*.

În cazul exponometrului înglobat al aparatului fotografic KIEV 4A (fig. 30, *b*) echilibrul instrumentului la un reper fix se face cu ajutorul a doi potențiometri înseriați, unul de fixare a sensibilității filmului (R_s) și celălalt de fixare a timpului de expunere (R_t).

O schemă mai evoluată, utilizată la măsurarea expunerii în primele sisteme TTL (fig. 30, *c*), conține un montaj în punte. Traductorul fotosensibil fiind o fotorezistență, montajul trebuie alimentat de la o baterie de oxid de mercur sau un acumulator Ni-Cd. Montajul în punte permite în anumite limite ca indicațiile de măsură să fie, la echilibru, independente de tensiunea de alimentare.

5.3 Exponometre electronice

Exponometrele electronice constituie o perfecționare a exponometrelor fotoelectrice, prin utilizarea unui sistem de amplificare cu tranzistoare sau circuite integrate. Aceasta duce la mărirea domeniului de măsură și a domeniului valorilor de expunere indicate.

Exponometrele de acest tip pot fi independente sau înglobate în aparatul fotografic, în schema de automatizare a procesului de expunere fotografică. Modelele cele mai perfecționate folosesc afișarea digitală a rezultatelor măsurătorilor cu ajutorul LED-urilor sau cu cristale lichide.

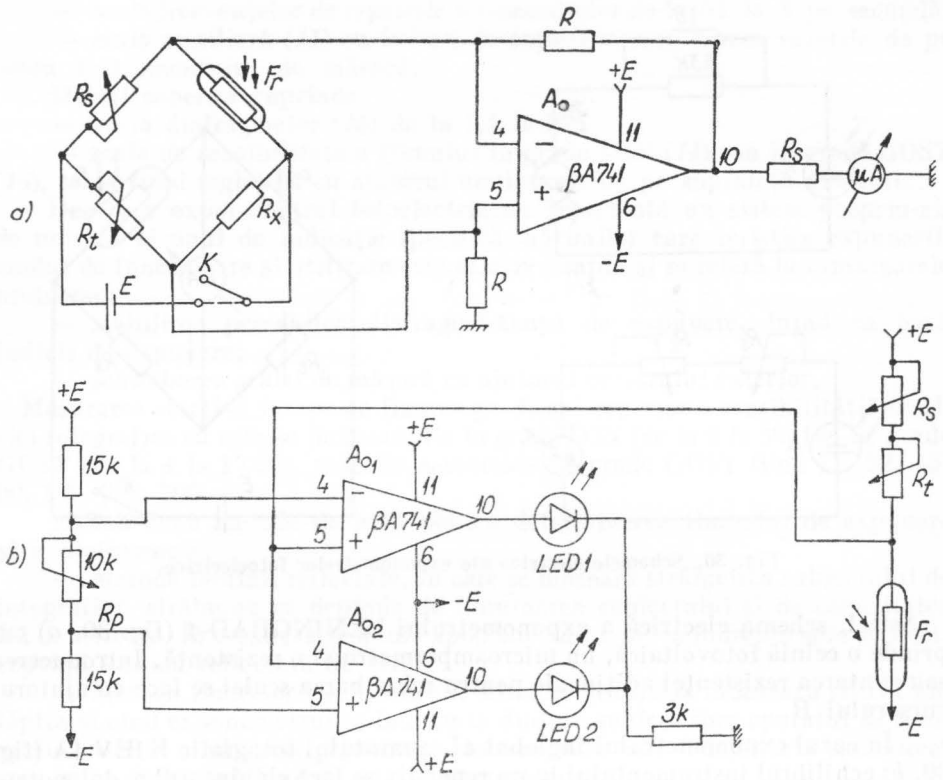


Fig. 31. Schemele de principiu ale exponometrelor electronice.

Din varietățile de scheme ale exponometrelor electronice două sînt caracteristice pentru modelele ce nu folosesc afișajul digital (fig. 31).

Prima (fig. 31, *a*) utilizează un montaj în punte, tensiunea din diagonala punții fiind amplificată cu un circuit integrat operațional. Indicația de echilibru se stabilește pe un instrument indicator prin reglajul potențiometrului R_t de timp de expunere, după fixarea prealabilă a sensibilității filmului prin R_s. Corespondența diafragmă-timp de expunere se realizează printr-un „calculator" cu disc.

Cealaltă variantă (fig. 31, *b*) folosește pentru stabilirea echilibrului un detector de nul simetric, semnalizat cu ajutorul a două LED-uri. În acest fel se exclude necesitatea utilizării unui instrument de măsură.

5.3.1 Exponometrul POLYSIX ELECTRONIC GOSSEN

Acest exponometru este prevăzut cu un sistem de vizare care permite alegerea unei porțiuni semnificative din cadru. Traductorul fotosensibil (fotorezistență CdS) este utilizat într-o schemă asemănătoare cu cea din fig. 31,*b*,

amplificatorul diferențial fiind realizat cu două tranzistoare. Principalele caracteristici tehnice ale exponometrului sînt:

- scala diafragmelor 1 ... 90;
- scala timpilor de expunere 1/2 000 s ... 2 ore;
- domeniul de sensibilitate al filmelor 6 – 42 DIN (3 – 12 500 ASA);
- unghiul de cîmp variabil în trepte de 10°, 20°, 30°.

5.3.2 Exponometrul AUTO-SPOT II DIGITAL MINOLTA

Acest dispozitiv servește la efectuarea unor măsurători exponometrice de tip punctal, sub un unghi de 1°, putînd fi adaptat pentru măsurători de iluminare și de luminanță (strălucire).

Sistemul optic funcționează pe principiul unei lunete cu un factor de mărire de 2,96, cu posibilitatea punerii la punct a clarității între 1 m și infinit. Vizarea punctului măsurat se face printr-un ocular (fig. 32).

Din lumina care pătrunde prin obiectiv (*A*) circa 25% este orientată printr-o oglindă cu reflexie totală (*B*), microprismă (*C*), un sistem de diafragmare și afișare prin transparență (*D*) spre ocularul *E*. Cealaltă parte a luminii, prin focalizare, este dirijată printr-un sistem de diafragmare (*F*) pe suprafața traductorului fotosensibil (*G*) aflat într-o schemă complexă de măsură. Influența luminii parazite în afara cîmpului de 1° este cu totul neglijabilă.

Valorile măsurătorilor sînt date digital în cîmpul optic de vizare prin ocular sub formă de indici de expunere (*EV*), indici de diafragmă sau frecvența de cadre cinematografice. Un indicator suplimentar (*LED* roșu) marchează depășirea domeniului de măsură. În cîmpul de vizare apare și valoarea sensibilității peliculei în unități ASA. Valorile digitale privind expunerea sînt afișate și în exterior cu indicații suplimentare de subexpunere sau supraexpunere cu o precizie de o treime de treaptă în gama indicilor de diafragmă.

Măsurătorile se inițiază la apăsarea unei taste și pot fi memorate și afișate timp de 30 s. În acest interval, valorile măsurate se pot schimba în funcție de orientarea cîmpului vizual al exponometrului.

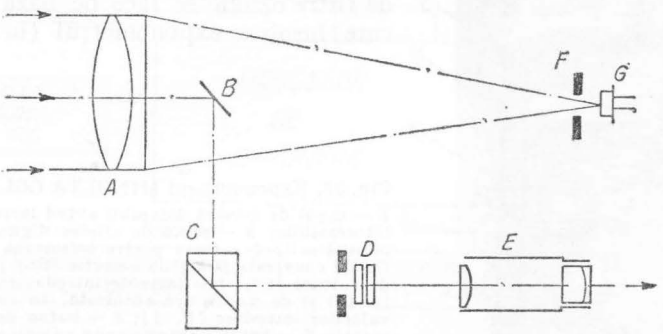


Fig. 32. Sistemul optic al exponometrului AUTO-SPOT II DIGITAL.

Datele tehnice ale acestui tip de exponometru spotmetric sînt:

- domeniul valorilor de expunere 1 ... 19,9 EV la 21 DIN;
- scala indicilor de diafragmă 1 ... 90±1/3;
- domeniul de sensibilitate 12–6 400 ASA;
- scala timpilor de expunere 1/2 000 s ... 15 s;
- scala frecvenței cadrelor cinematografice 8–128 cadre/s;
- domeniul de măsură poate fi extins cu un filtru adițional de +4 EV;
- componentele principale din schema electrică, o fotodiodă cu siliciu, 20 circuite integrate, 23 de tranzistoare etc.;
- alimentarea exponometrului de la o baterie de 9 V.

5.3.3 Exponometrul COLOR-METER II MINOLTA

Acest exponometru, deosebit de util în fotografia color, servește la stabilirea densității filtrelor de conversie, a filtrelor de corecție precum și a temperaturii de culoare.

Principiul de măsură se bazează pe stabilirea distribuției energiei radiante în spectrul vizibil cu ajutorul a trei senzori (fotodiode cu siliciu), calibrați cu sensibilitatea în albastru, verde și roșu. Stabilirea valorilor afișate pentru cele trei tipuri de măsurători se face cu ajutorul unei scheme complexe cu funcție de microprocesor. Afișarea rezultatelor măsurătorii se face digital cu cristale lichide.

În cazul efectuării unei măsurători privind valorile filtrelor de conversie (necesare fotografierii pe pelicule color la temperaturi de culoare pentru care nu sînt balansate), valorile inițial introduse sînt cele legate de sensibilitatea filmului și temperatura de culoare pentru care sînt balansate.

Măsurătorile privind valoarea filtrelor de corecție (necesare corecției unor dominante care pot exista în compoziția luminii reflectate de subiect) și datele introduse sînt tot cele legate de filmul utilizat, selecția unuia sau altuia din moduri de măsură fiind dictată de tastatura utilizată (fig. 33).

Conversia valorilor indicate în tipuri de filtre uzuale se face pe baza unor tabele care însoțesc exponometrul (în acest caz în

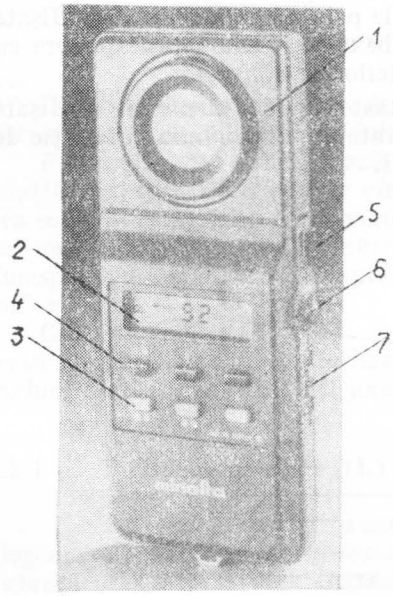


Fig. 33. Exponometrul MINOLTA COLOR METER II:
1 — capul de măsură detașabil avînd incluse traductoarele fotosensibile; *2* — ecran de afișare digitală a rezultatelor măsurătorii; *3* — taste pentru măsurarea densității filtrelor de conversie (*LB*), de corecție (*CC*) și a temperaturii de culoare (K°); *4* — taste de introducere a datelor filmului (*F*) și de modificare automată, în sus sau în jos, a valorilor introduse (↑, ↓); 5 — buton de comandă a măsurării; *6* — buton de memorare a valorii măsurate; *7* — comutator de mod de lucru și selecție a domeniului temperaturii de culoare.

sistemul notațiilor firmei KODAK). În aceste tabele sînt date și corecțiile de valori de expunere care trebuie făcute la utilizarea filtrelor.

Temperatura de culoare este dată direct în °K. Depășirea domeniului de măsură se semnalizează prin indicația clipitoare a afișajului.

Domeniile de măsură ale exponometrului sînt:

— temperatura de culoare de la 1 600°K la 40 000°K;

— filtre de conversie de la —762 la +999 Mired (acoperă toată gama de filtre uzuale);

— filtre de corecție de la —99 la +99 Decamired.

5.3.4 Sistemul exponometric al aparatului MINOLTA XD-7

Acest aparat fotografic constituie o exemplificare reprezentativă a gradului de automatizare și integrare a măsurătorilor exponometrice.

Exponometrul face parte dintr-un sistem procesat care pune în corespondență toate datele rezultate din măsurarea expunerii, preselecția modului de lucru și indicatorii de sensibilitate a filmului (fig. 34).

Sistemul permite comanda automată a expunerilor cu prioritate de diafragmă sau de obturator (de timp de expunere). De asemenea, se comandă stingerea automată a lămpii fulger atașate (AUTO 200 X), cu reglarea fluxului luminos

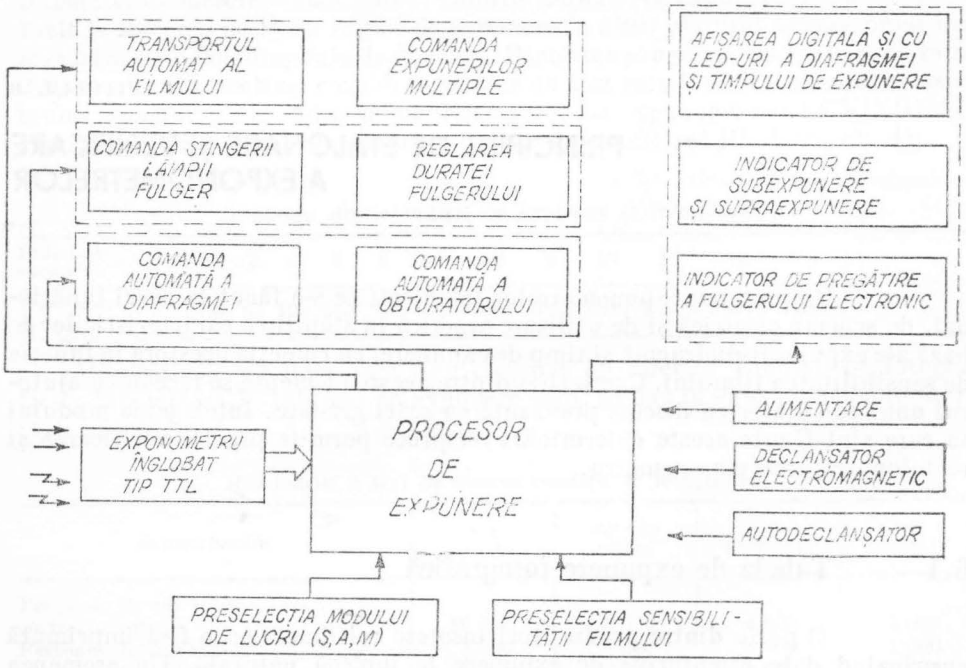


Fig. 34. Schema bloc de automatizare a procesului de expunere la aparatul fotografic MINOLTA XD-7.

emis în funcție de lumina reflectată de subiect. Automatizarea se extinde la transportul filmului și la executarea unor expuneri multiple.

O altă funcție a procesorului constă în comanda afișării rezultatelor măsurătorilor. Afișarea se face pe ecranul vizorului și cuprinde indicațiile de diafragmă și timp de expunere stabilite automat sau manual precum și indicații privind subexpunerea, supraexpunerea și peregătirea lămpii fulger pentru declanșare.

Procesorul asigură modificarea rapidă a valorilor de expunere survenite anterior declanșării. Funcționarea întregului sistem este asigurată de o baterie a cărei stare poate fi verificată. Contorizarea cadrelor este completată de un indicator de încărcare a aparatului cu film.

Caracteristicile sistemului exponometric sînt:

— domeniul valorilor de expunere 1 ... 18 EV la film de 21 DIN și cu obiectiv cu luminozitate 1 : 1,4;
— scala indicilor de diafragmă 1,4 ... 16 (32);
— scala timpilor de expunere 1/1 000 s ... 1 s (automat 30 s);
— domeniul de sensibilitate a filmului 12 – 36 DIN (12 – 3 200 ASA);
— măsurătoarea este de tip integral, ponderat pe centrul cadrului (la un unghi de vizare de cîteva grade).

CAPITOLUL 6

PRINCIPIUL DE ETALONARE ȘI VERIFICARE A EXPONOMETRELOR

Prezentarea exponometrelor fotoelectrice s-a făcut la nivel funcțional, de schemă electrică și de utilizare practică în stabilirea caracteristicilor de bază ale expunerii-diafragmă și timp de expunere, cu corecția acestora în funcție de sensibilitatea filmului. Corelațiile dintre aceste elemente se făceau cu ajutorul unui calculator cu discuri prevăzute cu scări gradate. Înțelegerea modului în care sînt făcute aceste determinări reciproce permite practic verificarea și reetalonarea unui exponometru.

6.1 Tabele de expunere fotografică

O parte dintre producători însoțesc rolfilmele cu o fișă imprimată cuprinzînd date orientative de expunere la lumină naturală. Un asemenea tabel pentru filmul ORWO 20 DIN, la expuneri de 1/125 s indică următoarele (tab. 3)

Tabelul 3

Expunerea fotografică a filmului ORWO NP 20

Subiect/mediu	cer senin	cer ușor pîclos	nori iluminați	cer acoperit
Persoane în aer liber (mare, munte)	f/16	f/11	f/8	f/5,6
Persoane între clădiri	f/11	f/8	f/5,6	f/4
Persoane în umbră	f/8	f/5,6	f/4	f/2,8
Persoane în încăperi	f/2,8	—	—	—

Confirmarea valorilor din acest tabel poate fi luată ca un model orientativ, de referință, pentru verificarea și etalonarea unui exponometru într-un mod care este prezentat în continuare.

6.2 Indicii de expunere ai exponometrelor

Marea majoritate a exponometrelor utilizează o scară convențională de indici de expunere cu care sînt gradate indicațiile microampermetrului. Scara indicilor de expunere, exprimată în cifre de la 1 la 20 (la exponometrul LENINGRAD de la 1 la 14) reprezintă în realitate o traducere a unei mărimi fotometrice concrete — iluminarea. Valorile indicilor de expunere sînt astfel alese încît la trecerea de la un indice de expunere la altul alăturat le corespund iluminări mărite sau micșorate de două ori. Păstrarea progresiei geometrice cu rația 2 izvorește din aceleași considerente care au fost enunțate la prezentarea sistemului de notații ale indicilor de diafragmă. La exponometrul LENINGRAD corespund următoarele iluminări măsurate cu luxmetrul PU 150 (tab. 4):

Tabelul 4

Legătura dintre indicii de expunere și iluminare

Indici de expunere	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Iluminare E (lx)	16	32	65	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	32000	64000	—

Măsurătorile de iluminare s-au efectuat în diferite condiții de fotografiere, tabelate ca în tabelele de expunere (tab. 3) dar în valori exprimate în lx (tab. 5).

Tabelul 5

Iluminările E (lx) în diverse condiții de fotografiere

Subiect/mediu	cer senin	cer ușor pîclos	nori iluminați	cer acoperit
Persoane în aer liber (mare, munte)	16 000	8 000	4 000	2 000
Persoane între clădiri	8 000	4 000	2 000	1 000
Persoane în umbră	4 000	2 000	1 000	500
Persoane în încăperi	250	125	60	30

Acest tabel poate fi confruntat cu valorile de iluminare indicate în capitolul 2.2, *f*.

6.3 Calculul caracteristicilor de expunere

După cum s-a definit expunerea (cap. II.2. *g*), $H=E\cdot t$ (lx· s), unde E este iluminarea uniformă iar t — timpul de expunere efectiv. Valoarea lui E, definită în cap. 3.2, este:

$$E=\frac{\pi\cdot L\cdot\tau}{4\cdot N^2}\,(\mathrm{lx}). \qquad (1)$$

În practică nu se folosește indicele geometric de deschidere al diafragmei ci unul fotometric, ce înglobează coeficientul de transmisie al obiectivului respectiv:

$$\frac{\tau}{N^2}=\frac{1}{N_\tau^2} \quad \text{unde} \quad N_\tau=\frac{N}{\sqrt{\tau}} \quad \text{deci} \quad E=\frac{\pi\cdot L}{4\cdot N_\tau^2}\,(\mathrm{lx}) \qquad (2)$$

$$H=\frac{\pi\cdot L\cdot t}{4\cdot N_\tau^2} \qquad (3) \qquad t=\frac{4\cdot H\cdot N_\tau^2}{\pi\cdot L} \qquad (4) \qquad N_\tau=\sqrt{\frac{\pi\cdot L\cdot t}{4\cdot H}}\,. \qquad (5)$$

Se dispune astfel de elementele de calcul ale timpului de expunere și ale diafragmei. Deoarece tabelele de expunere sînt date pentru un anumit timp de expunere, se impune doar calculul diafragmei prin indicele de luminozitate fotometrică.

Considerînd că în folosirea exponometrului măsurăm lumina reflectată (luminanța), între această luminanță și iluminare se poate stabili cifric o relație de proporționalitate (pentru aceleași suprafețe).

$L=\rho\cdot E$ unde ρ este coeficientul de reflexie al suprafeței iluminate și care poate avea următoarele valori în funcție de tipul și culoarea suprafeței: $\rho=0{,}5$ pentru obiecte luminoase, $\rho=0{,}25$ pentru obiecte normale și $\rho=0{,}17$ pentru obiecte întunecate. În acest caz avem:

$$N_\tau=\sqrt{\frac{\pi\cdot\rho\cdot E\cdot t}{4\cdot H}} \qquad (6)$$

Urmărind caracteristica de expunere a materialelor negative alb negru de 20 DIN (fig. 8) se consideră că expunerea corectă este cea corespunzătoare jumătății porțiunii de expunere normală (cd). În cazul nostru îi corespunde acestui punct un $H_R=0{,}1$ lx · s. Aceasta se motivează prin faptul că pentru o sensibilitate dată, influența factorilor de developare, care modifică factorul de contrast, este mică pentru această porțiune. Plasînd calculul indicelui relativ de deschidere a diafragmei în acest punct, se asigură exploatarea întregii latitudini de expunere a materialului fotosensibil.

Din măsurătorile făcute cu luxmetrul, pentru persoane în aer liber cu cer senin, indicațiile erau iluminări E de ordinul a 16 000 lx. Pentru un timp de expunere de 1/125 s$=8\cdot10^{-3}$s va rezulta:

$$N_\tau=\sqrt{\frac{3{,}14\cdot0{,}25\cdot16\cdot10^3\ \mathrm{lx}\cdot8\cdot10^{-3}\mathrm{s}}{4\cdot0{,}1\ \mathrm{lx}\cdot\mathrm{s}}} \qquad N_\tau\approx16.$$

Deci pentru obiecte sau suprafeţe normale din punct de vedere al reflexiei ($\rho=0{,}25$) corespunde $N_\tau \approx 16$. Efectuînd calculele se poate stabili un tabel de expunere în care înlocuim valorile iluminărilor, măsurate cu ajutorul luxmetrului, cu valorile corespunzătoare de diafragmă. La fotografierea în încăperi se consideră că suprafeţele sînt de categoria luminoase ($\rho=0{,}5$).

Pentru timpul de expunere de 1/125 s şi diafragmă 16, calculate pentru iluminări măsurate cu luxmetrul conform tab. 5 de la punctul anterior (16 000 lx), se verifică dacă această pereche de valori se realizează prin suprapunerea celor două discuri pentru indicele de expunere 11. Dacă acest lucru se confirmă, rezultă că exponometrul este bine etalonat în acest punct. Verificarea celorlalte puncte se poate face în acelaşi mod, deşi nu este necesară, deoarece corespondenţa diafragmă timp s-a făcut pe principiul variaţiei în progresie geometrică cu raţia $\sqrt{2}$ sau $1/\sqrt{2}$.

Întocmind un tabel de expunere, în care se înlocuiesc valorile din tabelul 3 cu valorile diafragmelor calculate, se obţine un tabel de expunere apropiat de cel indicat de firma ORWO pentru filmele de 20 DIN developate normal conform reţetarului ORWO. În acelaşi mod se pot întocmi tabele de expunere pentru alţi timpi de expunere. Tabelele de expunere pot fi întocmite şi fixînd iniţial o diafragmă şi calculînd apoi timpii de expunere, verificarea etalonării făcîndu-se în acelaşi mod.

6.4 Corelaţia calculului caracteristicilor de expunere cu sensibilitatea filmului

În calculele arătate s-a utilizat caracteristica de sensibilitate a unui film de 20 DIN. Calculele de expuneri pentru alte sensibilităţi presupun folosirea curbelor caracteristice date pentru filmele respective. În lipsa acestora, se retrasează aceste curbe considerînd că alura lor este asemănătoare, diferenţa dintre ele constituind-o punctul de expunere pentru o densitate optică cu 0,1 mai mare decît voalul.

Considerînd acelaşi factor de contrast, proiecţia ortogonală a acestui punct va fi deplasată în unităţi de log H echivalente cu diferenţa în grade DIN a filmului de o anumită sensibilitate faţă de cel de 20 DIN. Astfel pentru un film de 21 DIN deplasarea va fi de $-0{,}1 \log H$ iar pentru un film de 18 DIN deplasarea va fi de $+0{,}2 \log H$. Punctul H_R de pe curba caracteristică se va deplasa şi el. Prin urmare în calculul lui N_τ se va folosi o altă valoare mai mică decît 0,1 lx·s, în cazul filmelor de 21 DIN şi mai mare de 0,1 lx·s la filmele de 18 DIN. Valorile se pot citi direct pe scara H sau se calculează.

Din curba caracteristică se poate observa că la o modificare de 3°DIN a sensibilităţii corespund modificări de două ori ale expunerii ceea ce tradus în caracteristicile de expunere înseamnă o mărire sau o micşorare a treptei antecalculate pentru diafragmă sau timp de expunere.

Pe exponometru se va verifica dacă pentru o modificare de 3°DIN corespunde o modificare cu o unitate a indicelui de expunere. În acest caz înseamnă că s-a introdus corecţia dată de modificarea sensibilităţii filmului.

6.5 Întreținerea și verificarea exponometrelor

Dat fiind că exponometrele fotoelectrice, fără să constituie instrumente de mare precizie, în sensul claselor definite pentru aparatele electrice, intervin într-un proces, de cele mai multe ori nereproductibil, se impune să dispunem de un aparat care, în limitele latitudinii de expunere a materialelor fotosensibile, să ne permită stabilirea unor parametri normali de expunere.

Prin întreținerea exponometrului se are în vedere în primul rînd o manipulare tehnică conform instrucțiunilor și recomandărilor din prospectele ce însoțesc exponometrele. Avînd în vedere că ele conțin elemente de mare sensibilitate, instrumente de măsură cu cadru mobil, fotocelule voltaice, legături electrice de mare finețe, se impune o manipulare atentă, complet ferită de șocuri sau vibrații puternice, de praf și de umezeală. Întreținerea fotocelulelor sau a fotorezistențelor presupune de asemenea nedepășirea intensității și duratei iluminării acestor elemente cît și a temperaturii mediului ambiant. În sfîrșit, întreținerea filtrelor, geamurilor fagure, în sensul ștergerii lor periodice, asigură o corectitudine mărită a măsurătorilor efectuate.

Cum procedăm dacă se constată că exponometrul nu funcționează corect, presupunînd că noi singuri încercăm să le remediem?

a) *Verificarea celulei fotovoltaice și a fotorezistenței.* Verificarea se face cu montaje simple voltampermetrice (fig. 35). Instrumentul de măsură trebuie să aibă o rezistență de intrare de minimum 50 k/V și o scară de măsură de 1 V.

Sub acțiunea fluxului luminos dat de un bec normal (E=100 ... 1 000 lx), în cazul funcționării corecte a fotocelulei, voltmetrul trebuie să indice valori de ordinul zeci-sute de mV iar rezistența fotorezistenței, măsurată cu ohmetrul, trebuie să indice la lumina încăperii valori de ordinul kiloohmilor. În cazul în care elementele nu sînt sensibile, se verifică și conexiunile de legătură la straturile semiconductoare. Fenomenele de epuizare ale fotocelulei de seleniu sau de pierdere a conductibilității electrice la fotorezistențe sînt fenomene de durată cu o evoluție lentă.

b) *Verificarea instrumentului de măsură.* În primul rînd se impune o verificare vizuală, urmărindu-se să se stabilească dacă nu sînt întreruperi la nivelul bobinei, dacă bobina nu este ieșită din crapodine, dacă firul de păr al instrumentului este intact, dacă acul instrumentului nu freacă de geam etc.

Verificarea electrică presupune măsurarea rezistenței bobinei care trebuie să fie de ordinul a 1—3 kΩ, valorile mai mari indicînd prezența unor re-

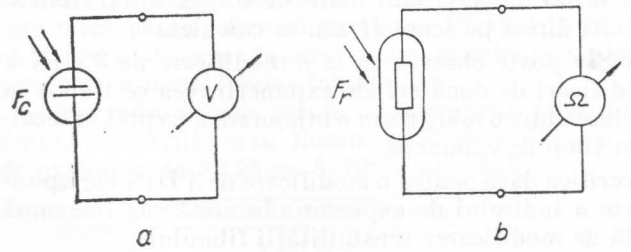


Fig. 35. Montaje de verificare și măsură:
a — celula fotovoltaică; *b* — fotorezistența.

zistențe de contact mărite pe circuitul de măsură, iar cele mai mici izolații imperfecte în circuitul bobinei. Remedierea poate fi făcută prin rebobinare.

c) *Verificarea circuitului de măsură.* În exponometrele mai evoluate sînt circuite care cuprind în afară de celuelele fotovoltaice sau fotorezistențe elemente rezistive fixe, potențiometrice sau termistoare de stabilizare a funcționării circuitului la variații mai mari a temperaturii mediului ambiant. Verificarea acestor elemente miniaturale se face ohmetric, defecțiunile fiind remediabile prin înlocuirea unor piese defecte sau prin refacerea lipiturilor.

d) *Verificarea bateriei de alimentare.* La exponometrele înglobate ce utilizează în general fotorezistențe de CdS, bateria este un element care se consumă și care se impune să fie înlocuit periodic. Verificarea tensiunii bateriei se face cu un voltmetru. La valori sub jumătate din cea nominală, bateria se consideră epuizată. Trebuie verificate și contactele bateriei care se realizează de obicei prin presiunea exercitată de capacul de protecție al locașului bateriei.

În afară de aceste defecțiuni fizice, mai pot să intervină dereglări în timp care să conducă la modificarea indicațiilor date de exponometre. În acest caz, ca și la înlocuirea unor componente defecte, se impune o reetalonare a exponometrului conform indicațiilor din acest capitol (punctele 6.1—6.4).

6.6 Realizarea unui exponometru

Prezentînd toate problemele de construcție, mod de funcționare, mod de etalonare, verificare și întreținere a exponometrelor, se dispune de elementele necesare realizării unui exponometru de construcție proprie. Fără îndoială va fi greu să atingem performanțele unui produs de serie, în special privind gabaritul și aspectul estetico-ergonomic. Din acest punct de vedere utilizarea unei carcase de exponometru ieșit din uz ar putea fi o soluție de compromis.

Etapele realizării unui exponometru sînt următoarele:

— Alegerea celulei fotovoltaice, de o sensibilitate cît mai mare, gabarit redus și cu o caracteristică spectrală apropiată de cea a ochiului uman. În cazul în care nu se dispune de o fotocelulă cu o asemenea caracteristică, utilizarea ei pentru stabilirea caracteristicilor de expunere a filmelor reversibile și color trebuie făcută cu multă prudență.

— Alegerea microampermetrului, cu o sensibilitate de 40—50 μA, de o construcție mai robustă.

— Introducerea unui filtru de diafragmare pentru extinderea scării de măsură e recomandabilă cu toate dificultățile mecanice pe care le presupune. O soluție facilă pentru problema aceasta constă în: introducerea unei rezistențe adiționale cu un comutator cît mai simplu, cu condiția să nu intre în zona neliniară a traductorului.

— Etalonarea instrumentului se face în indici de expunere, corespunzător unor iluminări ce cresc și scad de două ori pentru indici de expunere alăturați. Dacă se reține sau se marchează raportul indici de expunere-iluminare, expono-

metrul poate servi și ca un luxmetru de măsură a unui domeniu mediu de iluminări.

— Conform indicilor de expunere-iluminare se calculează perechile diafragmă-timp de expunere, corespondența dintre ele putînd fi realizată sub formă de discuri sau de rigle.

— Introducerea corecției de sensibilitate a filmului se va face ținînd cont de deplasarea scării diafragmelor în funcție de scara de sensibilitate aleasă (DIN, GOST, ASA) conform indicațiilor din cap. 3.1.d.

CAPITOLUL 7

COMANDA DE LA DISTANȚĂ A APARATULUI FOTOGRAFIC

Nu rareori fotografiile pe care dorim să le executăm sînt posibile numai atunci cînd subiectul nu sesizează prezența aparatului de fotografiat și a persoanei care îl manipulează. Sînt instantanee greu de realizat în alte condiții, soluția tehnică constituind-o comanda de la distanță a aparatului fotografic. Problemele pe care le implică această comandă pot să fie deosebit de complexe, mai ales în cazul unei telecomenzi radio. De aceea, în acest capitol vor fi prezentate doar sistemele generale de telecomandă, detaliile privind schemele radio de emisie și recepție, respectiv părțile electromecanice de execuție, constituind elemente a căror tratare ar depăși cadrul acestei cărți.

7.1 Principiul acționării de la distanță a aparatului fotografic

Majoritatea aparatelor fotografice pentru amatori sînt prevăzute cu sisteme manuale de antrenare și poziționare a filmului (cu excepția unor aparate fotografice cu repetiție) astfel că întreaga pregătire tehnică și tot instrumentarul vor servi la realizarea unei singure fotografii. Aceasta impune o deosebită grijă privind amplasarea aparatului, precizia în lucru a sistemului de declanșare și de transmisie a comenzii cît și alegerea potrivită a momentului de fotografiere.

Aparatul fotografic va trebui plasat pe un trepied sau fixat de corpuri rigide avînd potrivite diafragma, timpul de expunere, distanța, în condițiile pe care le reclamă subiectul. În cazul în care aparatului fotografic i se atașează și o lampă fulger, ea va fi poziționată pentru dirijarea optimă a fluxului luminos, alimentată și pusă în concordanță cu aparatul fotografic prin contactul sincron.

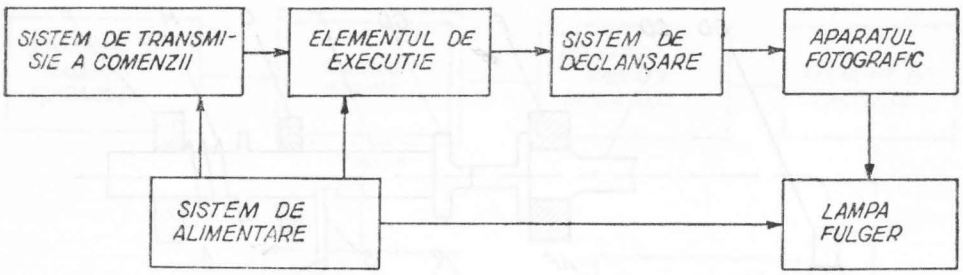


Fig. 36. Schema bloc a sistemului de comandă de la distanță a aparatului fotografic.

Declanșarea propriu-zisă a aparatului se poate face prin butonul de declanșare, prin declanșatorul flexibil sau prin autodeclanșator. Elementul de execuție va fi un sistem electromagnetic și mecanic ce asigură transmiterea efectivă a comenzii de la distanță pentru declanșare (fig. 36).

Toate aceste elemente lucrează într-un lanț liniar, alimentarea fiind furnizată de un sistem avînd la bază un acumulator. Elementul de execuție lucrînd direct cu sistemul de declanșare se proiectează ca un tot unitar, fixat rigid pe aparat sau pe trepied. Funcționarea mecanică a acestuia trebuie să fie precisă și fără șocuri. Deoarece releele electromagnetice cu un consum redus de energie au forța armăturii redusă (în general sub 30—40 gf), elementele de execuție vor trebui concepute cu resoarte care vor prelua efortul necesar declanșării prin buton sau prin cablu (100—200 gf). Acțiunea resortului va fi blocată prin releul de execuție cu ajutorul unui clichet. Armarea și rearmarea sistemului se va face odată cu pregătirea aparatului pentru executarea unei fotografii. În cazul utilizării autodeclanșatorului, releul de execuție va bloca în partea finală cursa acestui mecanism ce se va debloca în timpul fotografierii. Utilizarea autodeclanșatorului are avantajul că elimină șocul în faza fotografierii, iar dezavantajul constă în întîrzierea momentului fotografierii față de cel de comandă cît și în zgomotul produs de mecanismul de ceasornic al automatului de declanșare.

Aparatele cu declanșare sensorială simplifică foarte mult sistemul de execuție care, în acest caz, poate fi realizat electric prin conectarea directă la sistemul de transmisie a comenzii.

7.2 Comanda electrică manuală

Din punct de vedere al sistemului de transmisie a comenzii, cea mai simplă modalitate o constituie comanda electrică directă a releului de execuție cu ajutorul unui buton de comandă. Butonul închide un circuit în care se dă alimentare releului prin intermediul unor fire ce leagă elementul de execuție de punctul de comandă și observare. Schema este deosebit de simplă, avînd însă inconvenientul că necesită fire de legătură care limitează distanța și îngreunează montarea întregului dispozitiv. Alimentarea poate fi făcută de la un acumulator de 6 V care va alimenta convertorul de alimentare a lămpii

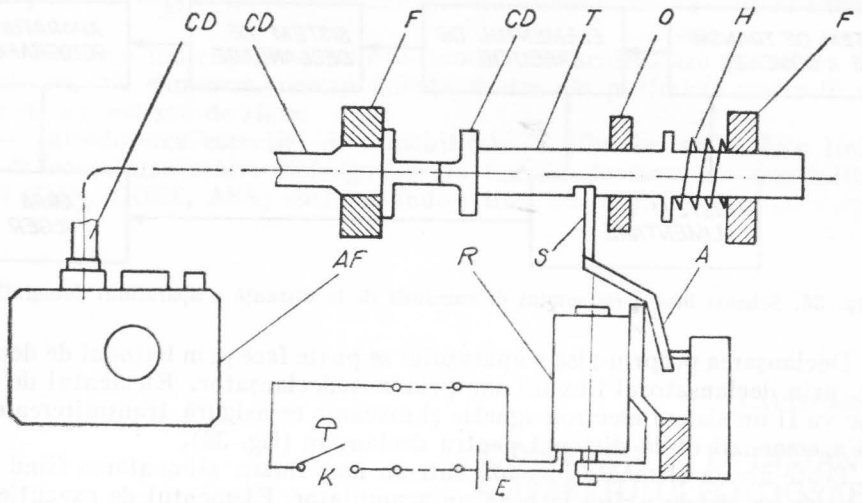


Fig. 37. Dispozitiv de comandă de la distanţă cu declanşarea aparatului prin cablul flexibil de declanşare.

fulger (cap. XI. p. 2) şi releul de execuţie (*R*) de tipul RI-8 varianta *F*, reglat ca să se acţioneze şi la tensiunea de 4,5—5 V. Comanda releului se face direct prin acţionarea butonului *K* (fig. 37).

Dacă releul este comandat, prin mişcarea armăturii (*A*) se tracţionează şplintul (*S*) de blocare a tijei (*T*), presat de arcul elicoidal (*H*). Această tijă, care se sprijină la o extremitate de capul cablului flexibil de declanşare (*CD*), comprimă cablul cu o forţă suficientă pentru declanşarea aparatului fotografic (*AF*). Cursa de deplasare se stabileşte în funcţie de aparat. Şocul produs de destinderea arcului nu se transmite, fiind amortizat de propriul arc al cablului de declanşare şi de opritorul (*O*).

Releul de execuţie şi întregul sistem mecanic prevăzut cu elemente de fixare şi ghidaj (*F*) este amplasat pe o plăcuţă aflată într-o cutie ce se fixează pe trepied în imediata apropiere a aparatului fotografic. Evident că se pot realiza şi alte variante de comandă a declanşării în funcţie de posibilităţile şi ingeniozitatea realizatorului.

7.3 Comanda automată a aparatului fotografic utilizînd radiaţii infraroşii

Sistemul prezentat anterior sau chiar cel de comandă radio impune urmărirea din relativa apropiere, cu ochiul liber sau cu binoclul, a cadrului ce urmează să fie fotografiat în prezenţa subiectului aşteptat. Surprinderea acestui moment poate fi automatizată prin utilizarea unui sistem de comandă utilizînd radiaţii infraroşii. Acest sistem are avantajul că permite comanda

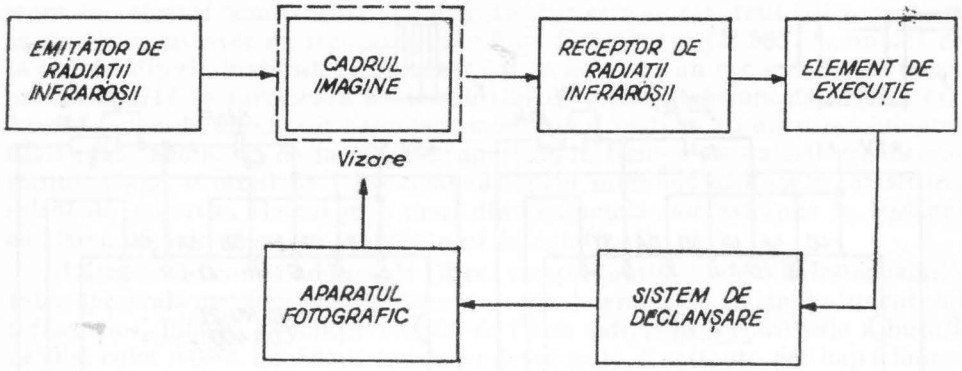


Fig. 38. Schema bloc a sistemului de comandă automată a aparatului fotografic utilizind radiații infraroșii.

automată a declanșării aparatului în prezența subiectului care va intersecta un fascicul invizibil de raze infraroșii care străbate cîmpul cadrului pe direcția cea mai probabilă de apariție a subiectului. În acest mod se pot fotografia în zbor chiar și insecte relativ mici, în cazul în care aparatul este prevăzut cu teleobiectiv, reglat cu cîmpul de claritate în strictă corespondență cu poziția fascicolului de raze infraroșii intersectat.

Sistemul de comandă automată cuprinde un emițător modulat de raze infraroșii, fascicolul emis fiind captat direct pe un element fotosensibil aflat într-un circuit de decodificare și comutație (fig. 38).

Întreruperea fascicolului de raze infraroșii va fi marcată prin bascularea unui circuit basculant bistabil cu acționarea imediată a elementelor de execuție și declanșarea aparatului fotografic. Folosirea unor sisteme optice de colimare a fascicolului la emisie și la recepție în vederea măririi cîmpului cadrului, cu probabilitatea intersectării lui de subiect este reclamată numai de situații de excepție. Utilizarea sistemelor optice permite extinderea sistemului în medii relativ luminoase (nivele de 10—50 000 lx), fără ca ele să perturbe funcționarea sistemului.

7.3.1 Emițător de radiații infraroșii

Ca sursă de radiații infraroșii pot fi folosite un grup de 5 diode luminiscente Ga-As comandate printr-un amplificator de putere realizat cu tranzistoare compuse. Pentru o protecție la perturbații la frecvențe joase cît și la radiațiile infraroșii emise de soare, semnalul generat va fi un șir de impulsuri cu frecvența de 40 kHz transmise periodic la un interval de 40 ms. Durata unui șir de impulsuri va fi de 10 ms.

Generarea unei asemenea succesiuni se realizează practic prin jocul a două multivibratoare, schema practică fiind concepută cu ajutorul a 2 circuite integrate CDB 400. Primul multivibrator va genera impulsuri cvasi dreptunghiulare cu frecvența de 25 Hz. Factorul de umplere al impulsurilor generate de acesta se alege de 1/4 din motive energetice, pentru utilizarea cît mai

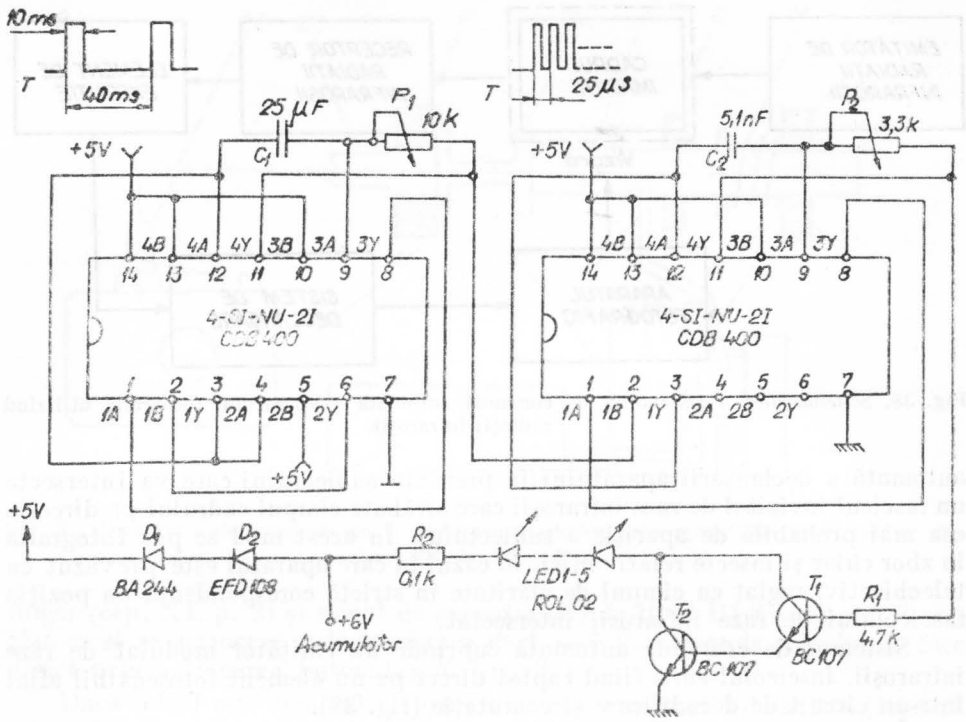


Fig. 39. Schema emiţătorului de radiaţii infraroşii. Diagramele de impulsuri.

economicoasă a bateriei de acumulatori de la emisie. Cel de al doilea multivibrator va fi comandat numai pe durata de 10 ms, avînd frecvenţa stabilită la 40 kHz. Rezultă că fiecare grup de impulsuri transmise efectiv de emiţător va fi format din 400 de impulsuri scurte cu perioada de 25 µs (fig. 39).

Reglajul frecvenţelor de 25 Hz respectiv de 40 kHz se face din potenţiometrele P_1 respectiv P_2. Din cauza consumului relativ mare al etajului de putere se recomandă ca alimentarea emiţătorului să se facă comandat de la distanţă şi să preceadă cu puţin momentul efectiv de fotografiere în vederea utilizării mai bune a capacităţii acumulatorului.

Diodele luminiscente vor fi parcurse de un curent mediu care asigură o strălucire ridicată fără a depăşi valorile maxim admise pentru intervalele foarte scurte de acţionare.

7.3.2 Receptor de radiaţii infraroşii

Receptorul de radiaţii infraroşii utilizează ca detector o fotodiodă sau un fototranzistor cu siliciu de tip ROL 21 respectiv ROL 31. Divizorul în care este montat elementul fotosensibil comandă, prin intermediul unui condensator, un amplificator cu tranzistoare în montaj Darlington cu impedanţă

mare la intrare. Semnalul de la amplificator este livrat unui filtru realizat cu un discriminator cu reacție negativă de fază de tip βE 565. Semnalul de la ieșirea discriminatorului este controlat în nivel cu un comparator de tensiune CLB 2711 ce furnizează pe terminalul de ieșire o tensiune de nivel TTL. Acesta comandă un circuit basculant monostabil realizat cu circuitul integrat CDB 4121. Semnalul de la ieșire temporizat în funcție de valorile condensatorului C_T și a rezistenței R_T comandă, prin intermediul unor tranzistoare, releul de execuție. Releul prin unul din contactele sale este pus în legătură cu sistemul de declanșare a aparatului fotografic (fig. 40).

Lățimea de bandă admisă de filtrul receptorului este de 5 kHz. Sensibilitatea spectrală maximă este de 870 nm și este determinată de tipul elementului fotosensibil folosit. O soluție simplă de filtru infraroșu o constituie o bucată de film color AGFA CT-18 neexpusă dar developată. Constanta de timp a monostabilului este astfel aleasă (prin reglajul potențiometrului R_T) încît în pauza

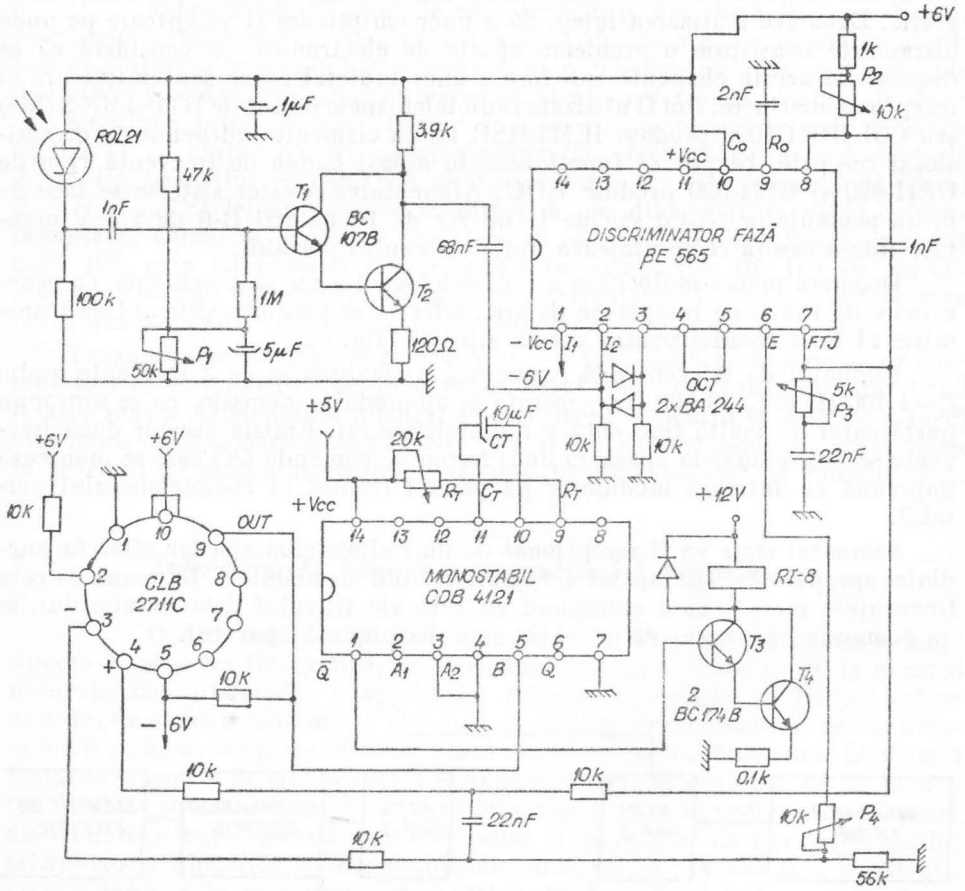


Fig. 40. Schema receptorului de radiații infraroșii.

dintre impulsuri el să rămînă basculat pînă la întreruperea fluxului luminos ce cade pe elementul fotosensibil. Distanța de la emițător la receptor poate fi de 12—15 m în condițiile unei iluminări diurne de 500 lx și în condițiile inexistenței unei surse generatoare de radiații infraroșii. Becurile cu neon, chiar la iluminări mari de 10 000 lx, nu influențează funcționarea sistemului. Funcționarea telecomenzii în exterior în plină lumină solară de amiază este posibilă numai la distanțe mici, de 2—3 m, cu condiția atașării elementelor fotosensibile a unor cozoroace de protecție.

7.4 Telecomanda prin radio a aparatului fotografic

Inconvenientele comenzii electrice directe pot fi eliminate prin realizarea unui sistem de telecomandă radio a declanșării aparatului fotografic. Deoarece realizarea integrală a unor emițătoare și receptoare pe unde ultrascurte constituie o problemă aparte de electronică, se consideră că se dispune de aceste elemente sub forma unor radiotelefoane sau emițătoare și receptoare distincte. Pot fi utilizate radiotelefoanele portabile RTP-4MF-S (SD) sau COLIBRI 1000 produse IEMI-RSR iar ca elemente independente de emisie și recepție, ce pot să funcționeze în aceași bandă de frecvență tipurile UEH-620 și USH-620 produse RDG. Alimentarea acestor sisteme se face de la un acumulator Ni-Cd sau de la un set de 10 baterii R-6 de 1,5 V montate într-o casetă ce se atașează radiotelefonului portabil.

Deoarece marea majoritate a radiotelefoanelor nu sînt echipate cu generatoare de ton și cu receptoare de apel selectiv se prezintă sistemul de transmisie al telecomenzii pentru acestă situație (fig. 41).

Semnalul de telecomandă reprezintă o combinație de 2 frecvențe audio f_1=1 400 Hz și f_2=3 000 Hz, generate de un modulator emisie, ce se suprapun purtătoarei de inaltă frecvență a radiotelefonului. Emisia acestor două frecvențe se face numai la apăsarea unui buton de comandă (K) care se montează împreună cu întregul modulator pe panoul frontal al radiotelefonului portabil.

Semnalul emis va fi recepționat de un radiotelefon similar aflat în imediata apropiere a aparatului fotografic, fiind demodulat. În cazul în care frecvențele recepționate corespund cu cele ale filtrului demodulatorului, se va comanda elementul de execuție care declanșează aparatul.

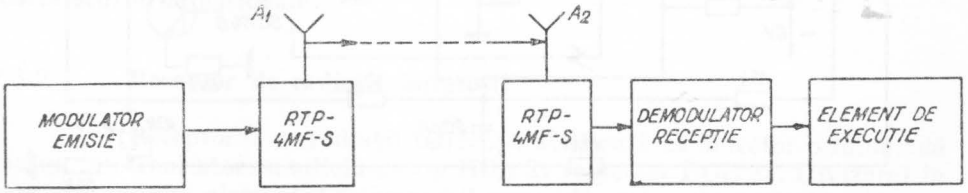


Fig. 41. Schema bloc a sistemului de telecomandă prin radio.

7.4.1 Modulatorul emisie

Modulatorul emisie este constituit din două oscilatoare dublu T simetrice care oscilează pe frecvenţele de 1 400 Hz şi 3 000 Hz. O combinaţie de astfel de frecvenţe este greu de găsit în spectrul vorbirii curente astfel că o acţionare intempestivă dată de vreo convorbire în aceaşi bandă de frecvenţă este foarte puţin probabilă (fig. 42).

Comanda propriu-zisă se dă prin comutatorul K de pe un repetor şi se aplică în baza tranzistorului T 213 din amplificatorul de audiofrecvenţă a radiotelefonului. Alimentarea modulatorului emisie se face tot din acumulatorul Ni-Cd al radiotelefonului.

7.4.2 Demodulatorul recepţie

Demodulatorul recepţie este constituit din două filtre realizate, cu discriminatoare cu reacţie negativă de fază βE 565 a căror bandă de urmărire în porţiunea superioară se acordează cu potenţiometrele P_1 şi P_2 pe cele două frecvenţe de lucru. Discriminarea de nivel a celor două tensiuni de ieşire din circuitele integrate ale filtrelor se face cu comparatoarele de tensiune CLB 2711 cu ajutorul unui reglaj suplimentar efectuat cu potenţiometrele P_3 şi P_4. Semnalul de comandă al demodulatorului este furnizat de etajul de *AF* al radiotelefonului receptor direct de pe difuzor (care va fi evident decuplat). Circuitul logic *SI*, realizat cu o secţiune de circuit integrat CDB 400, prin intermediul unui amplificator (tranzistor BC 107 B), va comanda elementul de execuţie — un releu electromagnetic de tip RI-8 ce face parte din dispozitivul de declanşare a aparatului fotografic (fig. 43).

Tensiunile de alimentare de +6 V şi −6 V se obţin de la bateria de acumulatori ai radiotelefonului prin intermediul unui divizor, consumul fiind relativ redus. Alimentarea releului se face la 12 V pentru a asigura o forţă mai mare de acţionare a armăturii. Modul în care se foloseşte acest releu în sistemul de declanşare a fost prezentat în acest capitol la punctul 7.2.

7.5 Telecomanda sonoră a aparatului fotografic

O altă modalitate de comandă de la distanţă, cu corespondenţe directe în practica fotografică, o constituie comanda sonoră, de la o sursă naturală sau artificială, a aparatului fotografic respectiv a lămpii fulger ataşate. Ca sursă receptoare se va folosi un microfon care poate fi de tip dinamic, cu cărbune sau piezoelectric. Tipul microfonului va determina în ultimă instanţă schemele de amplificare a semnalelor electrice obţinute de la microfon în urma presiunii date de semnalele sonore, avînd în vedere sensibilitatea diferită, rezistenţa internă a microfonului şi banda lor de frecvenţă. Astfel microfoanele dinamice au o sensibilitate de 0,15—2 mV/bar şi o rezistenţă internă mică, cele cu cărbune au o rezistenţă de ordinul kΩ iar cele piezoelectrice de ordinul sutelor de kΩ.

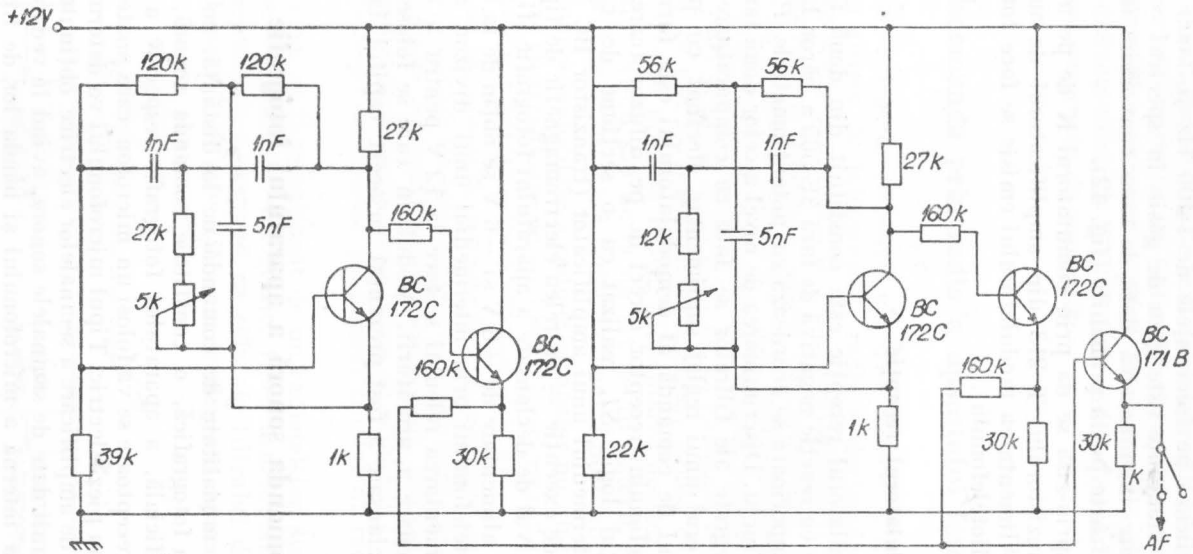


Fig. 42. Schema modulatorului emisie la telecomanda prin radio.

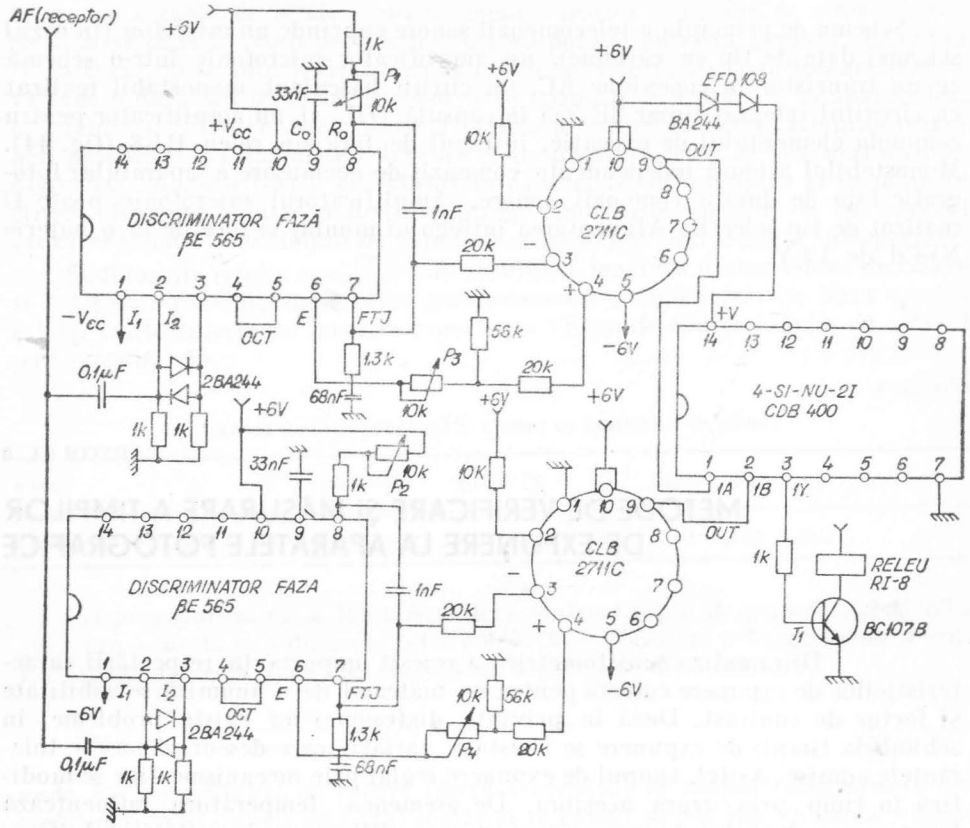


Fig. 43. Schema demodulatorului recepție la telecomanda prin radio.

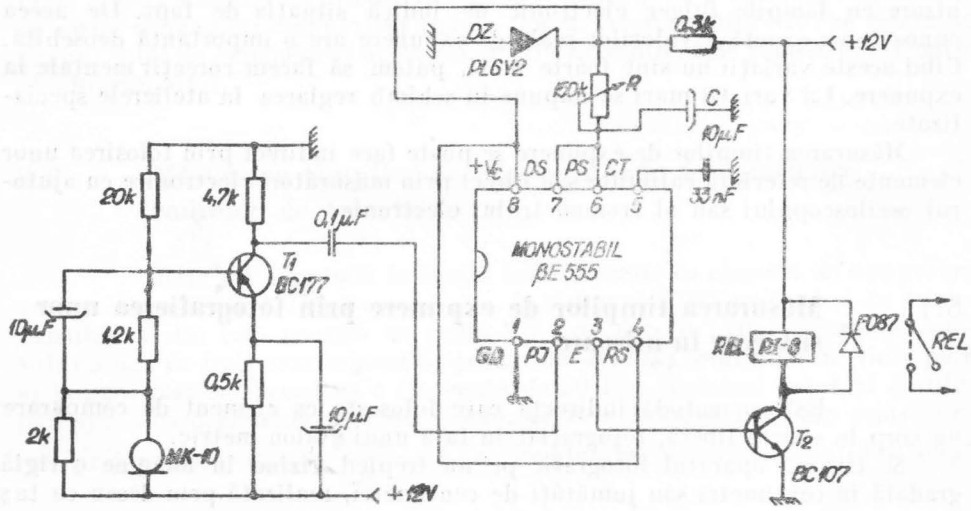


Fig. 44. Schema receptorului de telecomandă sonoră.

Schema de principiu a telecomenzii sonore cuprinde un microfon (în cazul schemei date de tip cu cărbune), un amplificator microfonic într-o schemă cu un tranzistor în conexiune *EC*, un circuit basculant monostabil realizat cu circuitul integrat liniar βE 555 în capsulă DIL şi un amplificator pentru comanda elementului de execuţie, în cazul de faţă un releu RI-8 (fig. 44). Monostabilul asigură independenţa comenzii de declanşare a aparatului fotografic faţă de durata comenzii sonore. Amplificatorul microfonic poate fi realizat de tip selectiv. Alimentarea întregului montaj se face de la o baterie Ni-Cd de 12 V.

CAPITOLUL 8

METODE DE VERIFICARE ŞI MĂSURARE A TIMPILOR DE EXPUNERE LA APARATELE FOTOGRAFICE

Din analiza sensitometrică a reieşit importanţa respectării caracteristicilor de expunere corectă pentru un material de o anumită sensibilitate şi factor de contrast. Dacă în privinţa diafragmei nu există probleme, în schimb la timpii de expunere se constată variaţii care deseori depăşesc toleranţele admise. Astfel, timpul de expunere reglat prin mecanisme fine se modifică în ţimp prin uzura acestora. De asemenea, temperatura influenţează funcţionarea lanţului de mecanisme prin modificarea viscozităţii lubrifianţilor folosiţi. Nu rareori doar expunerea evident incorectă sau proasta sincronizare cu lămpile fulger electronic ne indică situaţia de fapt. De aceea cunoaşterea exactă a valorilor reale de expunere are o importanţă deosebită. Cînd aceste variaţii nu sînt foarte mari, putem să facem corecţii mentale la expunere. La variaţii mari se impune în schimb reglarea în atelierele specializate.

Măsurarea timpilor de expunere se poate face indirect prin folosirea unor elemente de referinţă calibrate sau direct prin măsurători electronice cu ajutorul osciloscopului sau al cronometrului electronic.

8.1 Măsurarea timpilor de expunere prin fotografierea unor subiecte în mişcare

Este o metodă indirectă care foloseşte ca element de comparare un corp în cădere liberă, fotografiat în faţa unui etalon metric.

Se fixează aparatul fotografic pe un trepied vizînd în imagine o riglă gradată în centimetri sau jumătăţi de centimetri, realizată prin desen cu tuş

negru pe o coală de hîrtie albă. Lungimea acestei mire este de circa 50 cm. Se lasă să cadă un corp de culoare închisă paralel cu mira gradată, începînd de la 0 cm, şi se fotografiază corpul în cădere liberă. Această fotografiere se va face o dată sau de două ori pentru toţi timpii de expunere ai aparatului. Se preferă o peliculă sensibilă de 27 DIN, deoarece utilizarea lămpilor fulger lasă pe obiectele fotografice o lumină ca de picătură, ceea ce face mai dificilă distincţia imaginii flou a obiectului în cădere. Se developează şi se măreşte clişeul, folosind soluţii şi hîrtie contrast, imaginile însoţite de indicativul cadrului (numărul şi timpul de expunere utilizat) putînd fi acum interpretate.

Se foloseşte relaţia $v=\sqrt{2gh}$ care stabileşte legătura dintre viteza de cădere şi înălţimea căderii; acceleraţia gravitaţională $g=9{,}8$ m/s^2. Pe baza acestei relaţii se alcătuieşte un tabel ce raportează viteza de cădere funcţie de spaţiul parcurs (tab. 6).

Tabelul 6

Tabel de corespondenţă a vitezei cu înălţimea de cădere

h (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
v (cm/s)	98,9	140	171	197	221	242	261	280	296	313

Să presupunem că se fac măsurători pentru timpul de expunere de 1/50 s şi că urma lăsată pe fotografie între cotele 25—30 cm are o lungime de 3 cm. La viteza medie (V_M) de 230 cm/s de pe acest interval rezultă:

$$t_{real}=\frac{S_c}{V_M}=\frac{3\text{ cm}}{230\text{ cm/s}}=1/76\text{ s},$$

unde S_c este distanţa de cădere liberă a corpului în timpul fotografierii. La timpi mai mici urmele sînt mai scurte şi în calcul se va lua valoarea vitezei calculate la distanţa de cădere de unde apare urma obiectului în cădere. Precizia acestor măsurători este de 10—15% şi depinde în primul rînd de erorile de citire a imaginii corpului în cădere liberă. Aceste măsurători se referă la timpul total de expunere şi nu la cel efectiv determinat de randamentul optic al obturatorului.

8.2 Măsurarea timpilor de expunere prin fotografierea cadrelor de televiziune

Este tot o metodă indirectă care foloseşte ca element de comparare rasterul imaginii TV. După cum se ştie, în sistemul IORT utilizat şi în transmisiile TV din ţara noastră un cadru TV este descris prin parcurgerea spotului a 625 de linii cvasiorizontale pe durata de două semicadre de linii pare şi impare care se succed cu o frecvenţă de 50 Hz. Numărul total al liniilor parcurse într-o secundă este de 15 625. Durata fiecărei linii din semicadru este prin urmare: $t_{linie}=\frac{40\text{ ms}}{625}=64\ \mu$s. Pe durata întoarcerii spotului, după

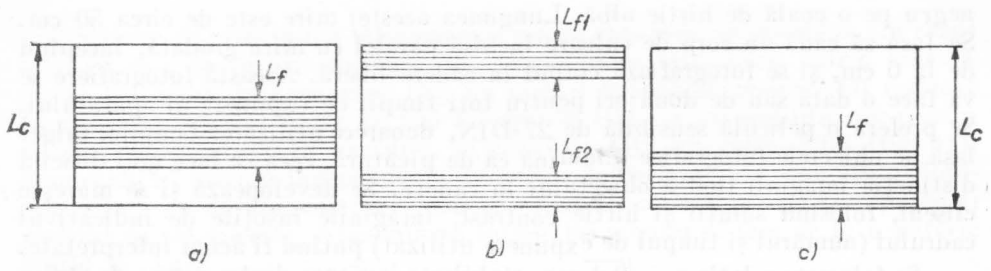


Fig. 45. Imaginile cadrelor TV fotografiate cu aparate cu obturatoare centrale.

parcurgerea fiecărei linii, acesta este stins timp de 11 μs iar după fiecare semicadru timp de 1,6 ms. Durata de baleiere a spotului pentru un semicadru este de 20 ms −1,6 ms=18,4 ms=1/55 s. Rezultă că această metodă de măsură este ușor aplicabilă pentru timpi de expunere mai mici de 1/60 s.

Pentru a fotografia această imagine se montează aparatul de fotografiat pe un trepied vizînd cadrul imaginii TV, reglat cu contrast maxim și luminozitate ridicată, avînd grijă să nu se depășească pe verticală ecranul. Se face punerea la punct a clarității imaginii, urmărind paralelismul dintre planul imaginii și cel al peliculei. Se utilizează o peliculă sensibilă de 27 DIN și o diafragmă deschisă, de exemplu $f/4$. Se efectuează 1 −2 fotografii pentru toți timpii de expunere ai aparatului, developarea și prelucrarea hîrtiei efectuîndu-se în soluții contrast. Imaginile care se obțin vor fi diferențiate în funcție de tipul obturatorului aparatului fotografic.

8.2.1 Aparate cu obturatoare centrale

Imaginile cadrelor TV fotografiate cu aparate cu obturatoare centrale vor fi diferențiate deoarece practic nu se poate sincroniza momentul declanșării aparatului cu începutul baleierii ecranului de către spotul electronic (fig. 45).

Pot să apară imagini de tip *a*, *b*, *c* unde L_f este lățimea sau numărul liniilor surprinse pe durata expunerii (N_f) iar L_c este lățimea cadrului imaginii TV sau numărul total al liniilor parcurse în unitatea de timp. În cazul *b*, $L_f=L_{f1}+L_{f2}$ iar în cazul *c* eroarea introdusă este de ±1,6 ms, corespunzătoare la 25 de linii (1,6 ms/64 μs):

$$t_{real}=\frac{1}{55}\cdot\frac{L_f}{L_c}\text{ s} \quad \text{sau} \quad t_{real}=\frac{N_f}{15\,625}\text{ s}.$$

8.2.2 Aparate cu obturatoare cu perdea

Fotografiile obținute cu aparate cu obturatoare focale (cu perdea) ce se mișcă în plan orizontal, din cauza simultaneității mișcării perdelei și a spotului, sînt diferite de cele obținute în cazul obturatoarelor centrale (fig. 46).

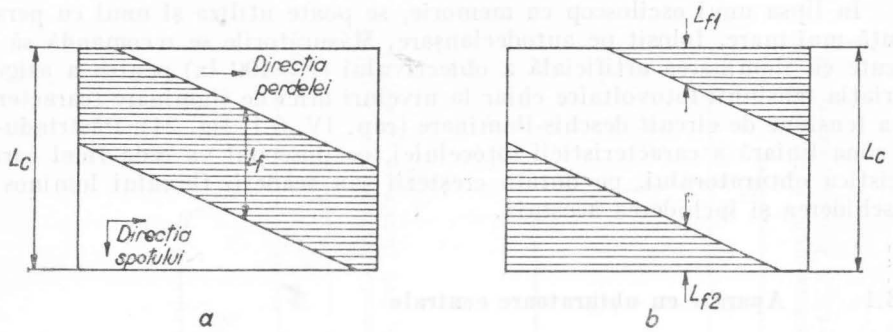


Fig. 46. Imaginile cadrelor TV fotografiate cu aparate cu obturatoare focale.

Formulele de calcul sînt identice, măsurarea valorilor L_f, L_{f1}, L_{f2} făcîndu-se în orice punct pe o verticală care cuprinde cele două părți ale fotogramei. La aparatele cu obturatoare focale cu mișcarea pe verticală a perdelei este suficient să le rotim cu 90° ca să obținem fotograme cu o alură asemănătoare. În realitate înclinația figurilor este mai mare fiind o diferență apreciabilă între viteza perdelei și cea a spotului.

Precizia acestor măsurători este de 10—15% și depinde în primul rînd de citirea corectă a lățimii fotogramei sau a numărului de linii efective citite în fotogramă. Și în această metodă se măsoară timpul total de expunere, nu cel efectiv care determină expunerea, erorile depinzînd de randamentul optic al obturatoarelor.

8.3 Măsurarea timpilor de expunere cu osciloscopul

Această metodă constituie, spre deosebire de celelalte două prezentate anterior, o metodă de măsură directă care însă necesită un instrumentar de laborator mai complex. În acest caz, se poate ridica și diagrama de timp a obturatoarelor, ceea ce permite calculul timpului efectiv de expunere.

Montajul de măsură utilizează o celulă fotovoltaică sau un fototranzistor ce se montează în spatele obiectivului sau al obturatorului.

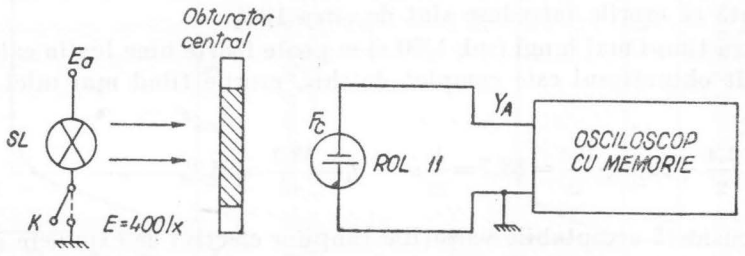


Fig. 47. Montaj de măsurare a timpului de expunere la aparatele cu obturatoare centrale.

În lipsa unui osciloscop cu memorie, se poate utiliza și unul cu persistență mai mare, folosit pe autodeclanșare. Măsurătorile se recomandă să fie făcute cu iluminarea artificială a obiectivului (E=400 lx) pentru a asigura variația tensiunii fotovoltaice chiar la niveluri mici de iluminare (caracteristica tensiune de circuit deschis-iluminare (cap. IV, 5.1, fig. 24). Păstrîndu-ne în zona liniară a caracteristicii fotocelulei, osciloscopul va reda fidel caracteristica obturatorului, pe durata creșterii sau scăderii fluxului luminos la deschiderea și închiderea acestuia.

8.3.1 Aparate cu obturatoare centrale

Pentru a aprecia cît mai corect valorile care se vor obține prin ridicarea diagramelor de timp ale obturatoarelor, este recomandabilă amplasarea celulei fotovoltaice în axul optic al obiectivului. Timpii de creștere și scădere a celulelor fotovoltaice cu siliciu fiind în jur de 10 μs, ele nu vor afecta reprezentarea corectă a diagramei de timp și valorile calculate.

Tot pentru a asigura o iluminare la valori suficient de mari măsurătorile se vor efectua la diafragme cît mai deschise sau la care cu obturator complet deschis se ating tensiuni de ieșire de valori mai ridicate (fig. 48).

Conform celor arătate în cap. I.2.1. aproximînd diagrama cu un trapez rezultă:

$$t_{ef}=\frac{1,1}{2}+6,6+\frac{1,3}{2}=7,8\ \text{ms}=\frac{1}{128}\text{s} \qquad \eta=\frac{7,8}{9}=86\%.$$

Pentru a ilustra erorile de calcul în situația în care nu se asigură o iluminare exterioară suficientă sau deschiderea maximă a diafragmei la efectuarea măsurătorilor, se dau diagramele de timp obținute în aceste situații (fig. 49 și fig. 50):

$$t_{ef}=\frac{0,9}{2}+6,5+\frac{0,6}{2}=7,25\ \text{ms}=\frac{1}{138}\text{s}$$

$$t_{ef}=\frac{0,6}{2}+7,7+\frac{0,7}{2}=8,35\ \text{ms}=\frac{1}{120}\text{s},$$

se constată că erorile introduse sînt de circa 10%.

Pentru timpi mai lungi (sub 1/50 s) se poate foarte bine lua în calcul doar timpul cît obturatorul este complet deschis, erorile fiind mai mici de 10% (fig. 51).

$$t_{ef}=\frac{1,4}{2}+12,6+\frac{0,8}{2}=13,7=\frac{1}{73}\text{s} \qquad \eta=\frac{13,7}{15}=91\%$$

Se consideră acceptabile variațiile timpilor efectivi de expunere de maximum 25% față de valorile înscrise pe aparatul fotografic. Randamentul optic al obturatorului este de 80—90%.

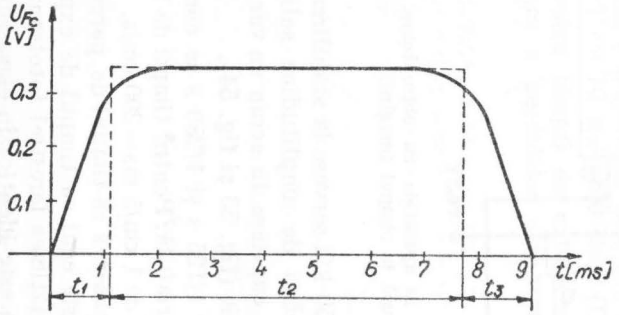


Fig. 48. Diagrama de timp a obturatorului aparatului LIUBITEL 2 la t_{exp}=1/125 s, N=4,5 și iluminare exterioară.

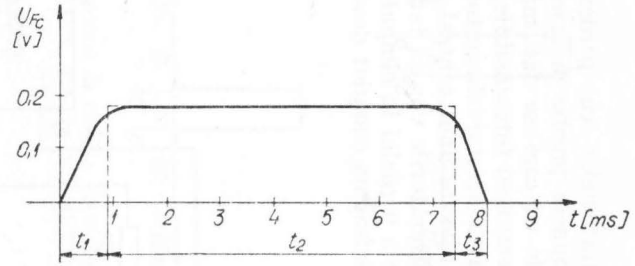


Fig. 49. Diagrama de timp a obturatorului aparatului LIUBITEL 2 la t_{exp}=1/125 s, N=4,5, fără iluminare exterioară.

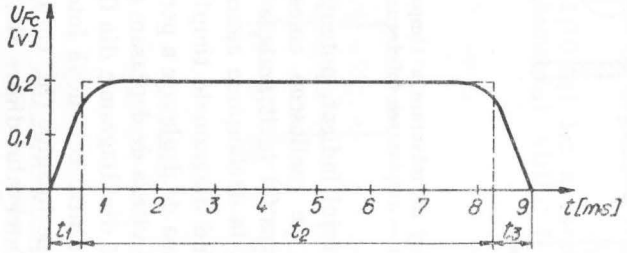


Fig. 50. Diagrama de timp a obturatorului aparatului LIUBITEL 2 la t_{exp}=1/125 s, N=8 și iluminare exterioară.

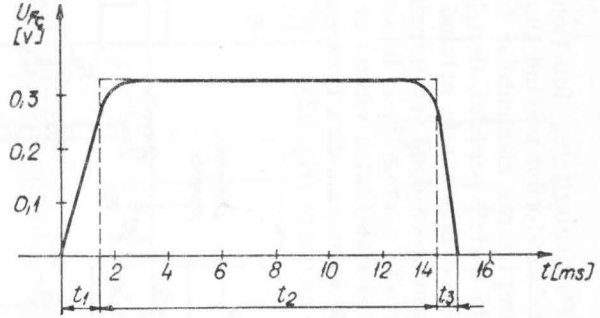


Fig. 51. Diagrama de timp a obturatorului aparatului LIUBITEL 2 la t_{exp}=1/60 s, N=4,5 și luminare exterioară.

8.3.2 Aparate cu obturatoare cu perdea

Particularitatea funcționării obturatoarelor cu perdea permite efectuarea măsurătorilor privind timpii de expunere practic în orice punct al imaginii, amplasarea elementelor fotosensibile cu care se fac măsurătorile făcîndu-se în spatele perdelei, deci în planul emulsiei fotosensibile. Pentru a obține indicații mai ample privind funcționarea acestor obturatoare, se va folosi un montaj cu două fototranzistoare amplasate unul central și celălalt la o extremitate a fotogramei. În acest fel, măsurătorile vor da indicații privind viteza și stabilitatea vitezei de deplasare a perdelei în cîmpul imaginii. Măsurătorile se recomandă a fi executate cu diafragma complet deschisă și cu iluminare exterioară (fig. 52).

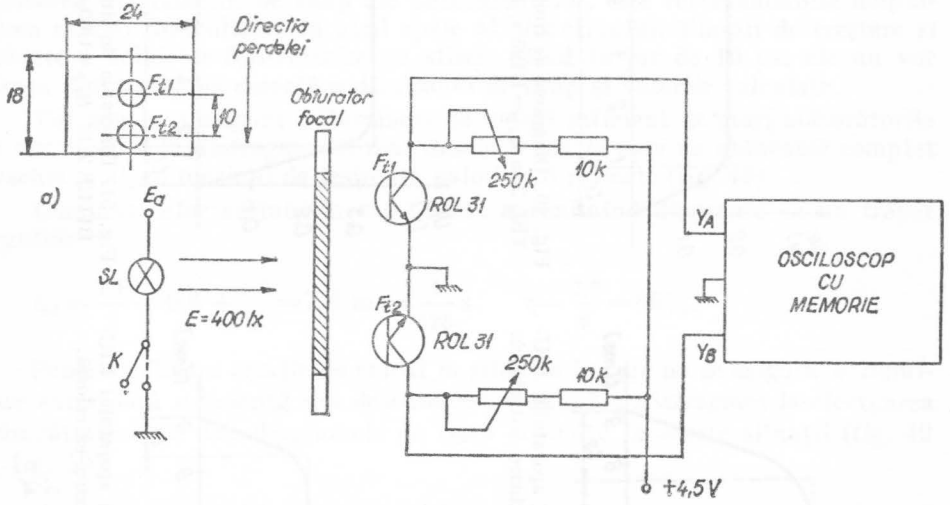


Fig. 52. Montaj de măsurare a timpului de expunere la aparatele cu obturatoare focale: *a* — amplasarea fototranzistoarelor de măsură în cîmpul imaginii.

În montajul indicat, potențiometrele de 250 kΩ servesc la stabilirea unei tensiuni de pe osciloscop corespunzătoare scării de amplitudine solicitate (circa 2 V), astfel încît ambele spoturi să fie cuprinse în ecran cu variațiile lor în timp, la declanșarea aparatului fotografic (fig. 53 și fig. 54).

Analizînd diagramele timpilor marcați cu 1/125 s și 1/250 s se constată că succesiunea de deplasare a perdelelor este variabilă. Pentru timpii de 1/500, 1/250, 1/125 viteza de deplasare a „fantei" este de 1 cm/5 ms=200 cm/s. Acest lucru rezultă din diagram a din fig. 53 unde se observă că timpul de parcurgere a distanței dintre cele două fototranzistoare este egal cu timpul de expunere a unei fîșii de imagine (în cazul nostru chiar lățimea ferestrei fototranzistoa relor) plus intervalul dintre ele. Această viteză este identică în clasa timpilor scurți de expunere (mai mici de 1/125 s).

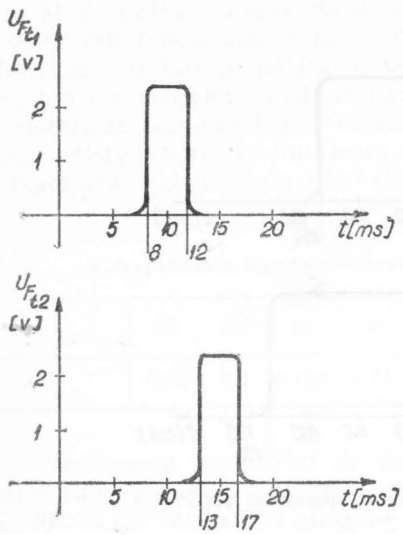


Fig. 53. Diagrama de timp a obturatorului aparatului KIEV 4 A la t_{exp}=1/250 s și N=2.

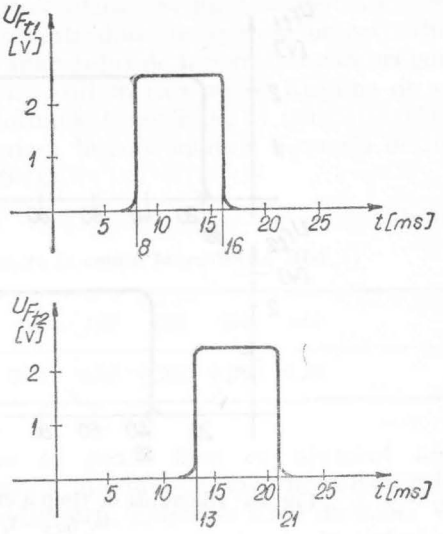


Fig. 54. Diagrama de timp a obturatorului aparatului KIEV 4 A la t_{exp}=1/125 s și N=2.

Pentru timpii de expunere marcați cu 1/50 s și 1/25 s succesiunea de deplasare a perdelelor este tot variabilă, viteza de deplasare fiind în acest caz de 1 cm/10 ms=100 cm/s (fig. 55).

Pentru timpii de expunere marcați cu 1/10 s și 1/5 s succesiunea de deplasare a perdelelor este tot variabilă (elementul vizibil îl constituie

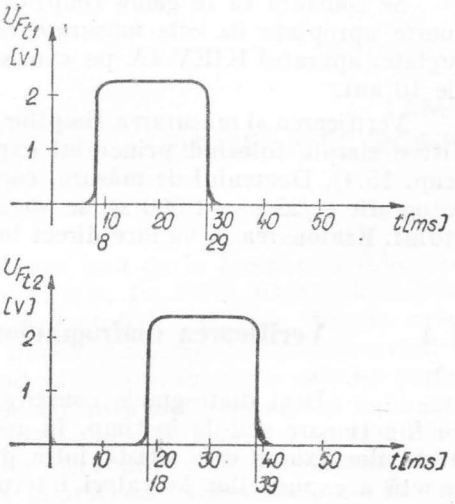


Fig. 55. Diagrama de timp a obturatorului aparatului KIEV 4 A la t_{exp}=1/50 s și N=2.

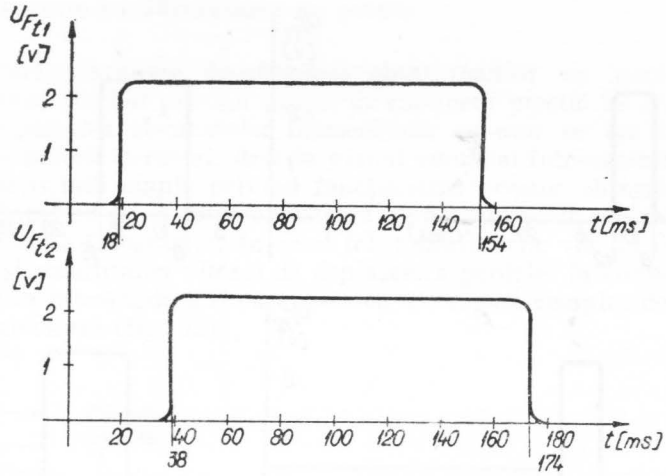


Fig. 56. Diagrama de timp a obturatorului aparatului KIEV 4 A la $t_{exp}=1/10$ s și $N=2$.

lățimea „fantei") viteza de deplasare fiind în acest caz de 1 cm/20 ms=50 cm/s (fig. 56).

Din reprezentarea diagramelor de timp se pot stabili randamentele optice care au valori mari 95—98%. Timpii de expunere efectivi se pot calcula direct considerînd diagrame ideale iar valorile pentru cele patru cazuri prezentate sînt:

$t_{ef1}=3{,}9$ ms$=1/256$ s $\qquad t_{ef2}=7{,}8$ ms$=1/128$ s

$t_{ef3}=21$ ms$=1/48$ s $\qquad t_{ef4}=136$ ms$=1/7{,}4$ s.

Se constată că în gama timpilor mici de expunere valorile marcate sînt foarte apropiate de cele măsurate ceea ce indică mecanisme robuste, bine reglate, aparatul KIEV 4A pe care s-au făcut măsurătorile avînd o utilizare de 10 ani.

Verificarea și măsurarea timpilor de expunere se poate realiza și cu dispozitive simple folosind principiul exponometrului pentru fulgere electronice (cap. 15.4). Domeniul de măsură, corespunzător timpilor scurți ai aparatului fotografic (1/25 s ... 1/500 s), se va corela cu constantele de timp ale circuitului. Etalonarea se va face direct în milisecunde.

8.4 Verificarea diafragmelor

Deși diafragmele constituie un element al aparatelor fotografice cu funcționare stabilă în timp, în unele situații poate fi utilă verificarea raporturilor exacte care există între diafragmele indicate respectiv stabilirea exactă a expunerilor la valori intermediare nemarcate.

Modalitatea cea mai simplă o constituie utilizarea unui luxmetru a cărui sondă, sub forma unei fotorezistențe, se introduce în spatele obiectivului. Verificarea se face pe poziția *B* sau *T* a aparatului de fotografiat care asigură deschiderea completă a obturatorului. În cazul în care nu se dispune de un luxmetru se poate etalona o celulă fotovoltaică de tip ROL 11 (tab.7) a cărei caracteristică tensiune-iluminare este liniară într-un anumit domeniu de iluminări uzuale pentru expuneri (100—200 lx).

Tabelul 7

Corespondența iluminare-tensiune de ieșire la celula fotovoltaică ROL 11

E (lx)	70	80	90	100	120	140	160	180	200	240
U_{Fc}(V)	0,09	0,1	0,125	0,14	0,175	0,21	0,24	0,265	0,295	0,34

Verificarea raportului de diafragme se poate face cu ajutorul unei surse care asigură o iluminare pe fotocelula montată în spatele obiectivului de 200 lx (se verifică cu ajutorul unui voltmetru, indicația fiind de 0,295 V). La închiderea diafragmei cu o treaptă, în cazul în care raporturile de diafragme sînt corecte, indicația pe voltmetru va fi pe jumătate, adică de 0,14 V. Mutînd sursa mai departe sau mai aproape de obiectiv se pot verifica raporturile întregului șir de diafragme pe perechi de valori alăturate. În cazul în care valorile de măsură nu corespund celor din tabel, se fac interpolări directe sau se citesc valori exacte din caracteristica fotocelulei. Cunoscînd raporturile exacte dintre diafragme se pot face și corecțiile cuvenite.

CAPITOLUL 9

LĂMPI FULGER ELECTRONIC

Fotografierea ca tehnică a impus încă de la începuturi înlocuirea surselor de lumină naturală cu cele artificiale, Pe scara acestei dezvoltări, sursele cu iluminare de scurtă durată au evoluat de la fulgerele chimice avînd la bază praful sau banda de magneziu pînă la fulgerele electronice avînd ca sursă tuburi cu descărcări în gaz. În mod paradoxal, fulgerele chimice perfecționate de la vakumblitz la flash-cube de azi, prin miniaturizare și îmbunătățirea compoziției chimice a filamentului de magneziu, continuă să aibă o arie mare de răspîndire. Avantajele fulgerelor electronice sînt însă incontestabile ele fiind folosite aproape în exclusivitate în practica fotografică la noi în țară.

9.1 Elemente constructive şi funcţionale

O lampă fulger electronic (blitz) cuprinde elemente constructive şi funcţionale care se regăsesc într-o formă sau alta la majoritatea tipurilor utilizate de fotografii amatori.

— *Tubul cu descărcare în gaz,* umplut de obicei cu xenon sau kripton are o formă de U sau o formă circulară. Tubul are la capete doi electrozi de wolfram, electrodul de amorsare fiind un inel sau un strat metalic aplicat pe tubul de sticlă.

— *Condensatorul principal,* electrolitic, este sursa ce asigură prin încărcare tensiunea de aprindere a tubului (U_a), energia înmagazinată fiind suficientă pentru o expunere apropiată de cea a luminii naturale.

— *Circuitul de amorsare* este un circuit electronic ce asigură tensiunea de amorsare (U_g) a tubului, fie prin comanda sincronizată a aparatului fotografic fie manual, prin intermediul unui buton.

— *Becul indicator* este un bec cu neon care indică încărcarea condensatorului principal la tensiunea de aprindere a tubului.

— *Sistemul de alimentare a lămpii* de la reţea, baterie sau de la un acumulator.

— *Corpul de iluminare* este în primul rînd montura tubului de gaz, a reflectorului direcţional parabolic, a ecranului de difuzie şi după caz cuprinde şi circuitul de amorsare a becului indicator respectiv sistemul de alimentare a condensatorului principal. Confecţionat din plastic şi metal corpul de iluminare este prevăzut cu un dispozitiv de fixare pe aparat (şină) sau lîngă aparat (braţ de fixare cu şină).

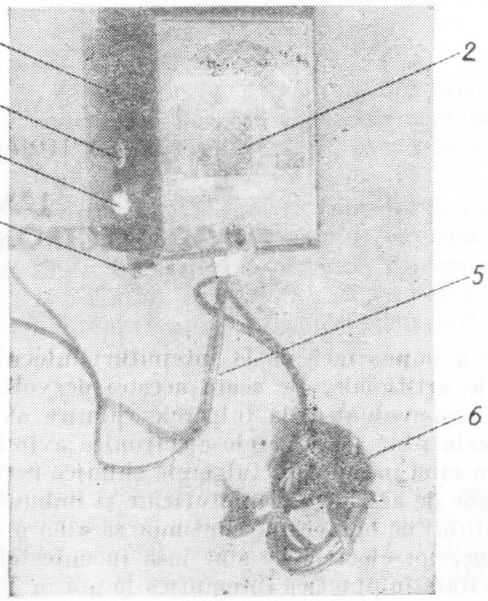


Fig. 57. Lampa fulger electronic FIL 41:

1 — corpul de iluminare; *2* — tubul de descărcare în gaz; *3* — becul indicator; *4* — buton de declanşare manuală; 5 — cablul de alimentare; *6* — cablu cu mufă de sincronizare; *7* — ghidaj de fixare pe aparatul fotografic.

— *Calculatorul pentru diafragma de expunere* constă într-un disc mobil montat pe corpul de iluminat ce permite stabilirea unei corelații între distanța de fotografiere și diafragme preselectată, la o anumită sensibilitate a peliculei utilizate.

— *Cablul de alimentare* de la rețea, acumulator sau de la bateriile fixate într-o casetă specială.

— *Cablul de sincronizare* ce leagă lampa fulger de aparatul fotografic.

În funcție de perfecționarea modelului, lampa fulger poate fi prevăzută și cu:

— *Circuit de reglare a încărcării condensatorului* sau economizor.

— *Circuit de expunere controlată*, de reglare a descărcării condensatorului funcție de lumina reflectată — „blitz cu computer".

— *Lampă de directivitate* pentru indicarea direcției principale a fluxului luminos.

— *Circuit de declanșare automată* de la lumina altei lămpi cu fulger electronic.

9.2 Principiul de funcționare

Pentru analiza funcționării lămpilor fulger electronic, se prezintă schema unui model foarte popular printre fotografii amatori, FIL 41 cu alimentare de la rețea (fig. 58).

Prin introducerea ștecherului cablului de alimentare (S_a) direct la rețea sau la un convertor special atașat unui sistem de alimentare de la baterii sau de la acumulator, curentul alternativ este redresat prin intermediul diodei D_1

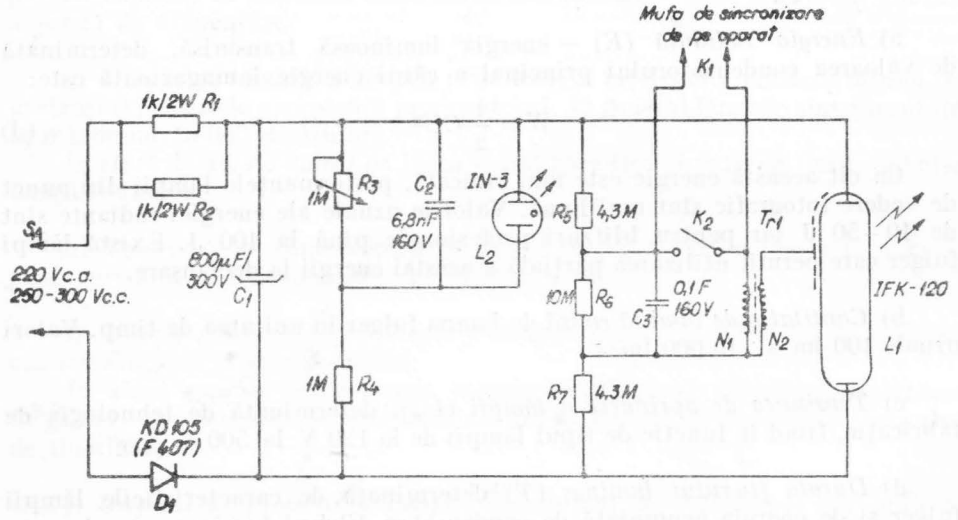


Fig. 58. Schema electrică a lămpii fulger FIL 41.

tip KD 105. Condensatorul principal C_1 (800 μF, 300 V) se încarcă la o tensiune mai mare decît cea de aprindere a lămpii fulger (L_1) de tip IFK-120 (U_{apr}=180 V). Încărcarea durează cîteva secunde, tubul cu neon (L_2), tip IN-3, indicînd la aprindere atingerea tensiunii de aprindere a lămpii L_1. Amorsarea aprinderii se face prin descărcarea condensatorului auxiliar C_3 (0,1 μF, 160 V) din circuitul de amorsare, descărcarea fiind declanşată de aparatul fotografic prin cablul de sincronizare sau manual prin butonul K_2 fixat pe corpul de iluminat. Atingerea tensiunii de amorsare (U_g) se face prin intermediul unui transformator de impulsuri Tr 1 (N_1=20 spire, Φ=0,31; N_2=2500 spire, Φ=0,08), realizat prin bobinare pe o bară de ferită.

Gazul din tub se ionizează şi la amorsare are loc descărcarea între cei doi electrozi, întreţinută de tensiunea livrată de condensatorul principal C_1. Descărcarea este însoţită de o lumină puternică, albă, de scurtă durată (fulgerul electronic). După descărcare, C_1 se va reîncărca automat pregătind dispozitivul pentru o nouă declanşare.

Rezistenţele R_1 şi R_2 sînt rezistenţe de limitare a curentului de încărcare a C_1; R_3 şi R_4 constituie un divizor potenţiometric pentru reglarea indicatorului optic al tubului cu neon; C_2 serveşte la insensibilizarea tubului cu neon la fluctuaţiile alimentării iar R_5, R_6, R_7 constituie un divizor pentru circuitul de amorsare a tubului.

Prezentarea funcţionării circuitelor speciale care însoţesc modele mai perfecţionate se face în capitolele următoare.

9.3 Caracteristicile de bază ale lămpilor fulger electronice

Caracteristicile lămpilor fulger sînt determinate în primul rînd de tuburile cu descărcare în gaz folosite.

a) *Energia radiantă* (E) — energia luminoasă transmisă, determinată de valoarea condensatorului principal a cărui energie înmagazinată este:

$$W = \frac{1}{2} CU^2 \qquad \text{(J)}$$

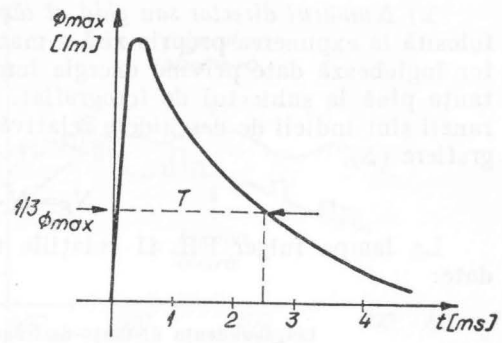
Cu cît această energie este mai ridicată, performanţele lămpii din punct de vedere fotografic sînt mai bune. Valorile uzuale ale energiei radiante sînt de 40—50 J iar pentru blitzuri profesionale pînă la 400 J. Există lămpi fulger care permit utilizarea parţială a acestei energii la declanşare.

b) *Cantitatea de lumină emisă* de lampa fulger în unitatea de timp. Valori uzuale 400 lm·s÷40 000 lm·s.

c) *Tensiunea de aprindere a lămpii* (U_a), determinată de tehnologia de fabricaţie, fiind în funcţie de tipul lămpii de la 120 V la 500 V.

d) *Durata fluxului luminos* (T) determinată de caracteristicile lămpii fulger şi de energia acumulată de condensator. Fluxul luminos reproduce ca alură caracteristica de descărcare a unui condensator (fig. 59).

Fig. 59. Diagrama fluxului luminos emis de lampa fulger electronic.



Timpul de creştere a intensităţii fluxului luminos este foarte redus (circa 0,1 ms) fiind neglijabil în raport cu durata utilă a fulgerului T. Această durată se consideră între momentul atingerii unui flux egal cu 1/3 Φ_{max} şi scăderea fluxului sub această valoare. Această durată este de obicei între 1/500 s şi 1/3 000 s. Durata utilă poate fi extinsă prin mărirea condensatorului.

e) *Randamentul luminos* (K) arată capacitatea lămpii de a transforma energia electrică acumulată în condensator în energie luminoasă. Se măsoară în lm/watt, valorile uzuale fiind de 35÷50 lm/W. În timp, randamentul luminos poate scădea cu 35—40%.

f) *Intervalul minim între două declanşări*, legată de caracteristicile lămpii cît şi a circuitelor de încărcare, valorile uzuale fiind de la 2—3 s la 6—10 s. Acest interval este variabil în funcţie de modul de lucru, cu energie totală sau parţial folosită, de mărimea condensatorului principal şi de rezistenţa internă a sursei de alimentare.

g) *Durata de serviciu a lămpii*, prin aceasta înţelegînd numărul minim de declanşări pe care le garantează producătorul. În general lămpile sînt garantate la minimum 10 000 declanşări.

În afară de aceste valori de lucru se pot specifica şi valorile limite admise lămpilor fulger:

h) *Tensiunea maximă admisă pe lampă* ($U_{a\ max}$) este valoarea la care se poate produce o autoamorsare distructivă a lămpii.

i) *Energia maximă de descărcare a lămpii* (E_{max}) care limitează valoarea condensatorului principal folosit.

În afara acestor mărimi care caracterizează strict tubul cu descărcare în gaz şi circuitele conexe mai sînt mărimi ce depind de ansamblul corpului de iluminat;

j) *Unghiul de proiecţie a lămpii*, determinat de reflectorul parabolic şi care poate fi modificat sau dirijat. Valorile uzuale sînt 50÷90° şi corespund cu cele ale aparatelor de fotografiat cu obiectiv normal.

k) *Numărul director sau ghid al lămpii* (N_F) este o caracteristică globală folosită la expunerea propriu-zisă a materialului fotosensibil. Numărul director înglobează date privind energia luminoasă emisă, durata acesteia și distanța pînă la subiectul de fotografiat. Din punct de vedere fotografic, operanzii sînt indicii de deschidere relativă a diafragmei (N) și distanța de fotografiere (S).

$$N_F = N \cdot S$$

La lampa fulger FIL 41 relațiile tabelate (tab. 8) indică următoarele date:

Tabelul 8

Corespondența distanță-diafragmă la lampa fulger FIL-41

(S) Distanța subiect-lampă fulger (m)	1	1,5	2	3	4	6	8	$N_F=16$ (20° DIN)
(N) Indicele de deschidere relativă a diafragmei	16	11	8	5,6	4	2,8	2	

Numărul director este indicat pentru o anumită sensibilitate a filmelor (de obicei 20 DIN, 65 GOST sau 100 ASA). Pentru alte sensibilități corecția care se introduce ține cont de micșorarea expunerii la filmele mai sensibile, ceea ce se traduce prin închiderea diafragmei sau mărirea distanței de fotografiere. În aceste cazuri numărul director crește sau scade cu 50% la fiecare 3° DIN în plus sau minus.

Pentru exemplificare, se dau caracteristicile de bază ale lămpilor IFK-URSS măsurate în circuite cu condensatoarele indicate în tabelul 9.

Tabelul 9

Principalele caracteristici ale lămpilor fulger IFK

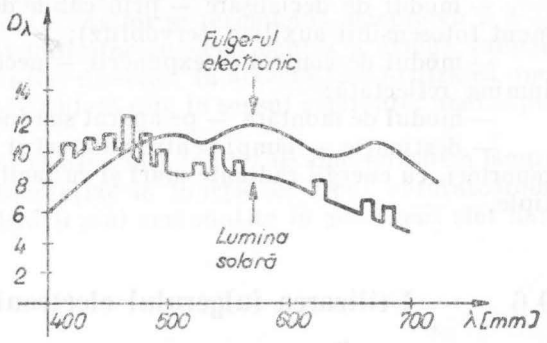
Caracteristica	U.M.	IFK-20	IFK-50	IFK-120
Energia radiantă	J	20	50	120
Tensiunea de aprindere	V	100	140	180
Valoarea condensatorului	μF	2500±200	2500±200	2500±200
Tensiunea de încărcare a condensatorului	V	130±10	200±15	300±20
Energia luminoasă inițială	lm · s	25	90	250
Intervalul minim dintre două declanșări	s	10	10	10
Tensiunea maximă admisă pe lampa fulger	V	700	1000	1000

9.4 Structura luminii emise de lămpile fulger electronic

Răspîndirea lămpilor fulger electronic s-a făcut rapid datorită faptului că ele reproduc în mare caracteristicile luminii solare.

a) *Caracteristica spectrală.* Pentru a aprecia mai bine lumina emisă de lămpile fulger se poate compara caracteristica spectrală a acesteia cu cea a luminii solare directe (fig. 60).

Fig. 60. Caracteristica spectrală a luminii fulger electronic.



Se constată că spectrul luminii fulger spre deosebire de cel solar este continuu. Repartiția energiei spectrale a lămpilor fulger este aproximativ cu cîte o treime în domeniul radiațiilor roșii, verzi și violet-albastre. Pentru a corija o ușoară dominantă albastră ce apare la filmele color, tuburile cu descărcare în gaz se acoperă cu o peliculă galbenă sau cu un ecran protector colorat.

b) *Temperatura de culoare.* Pentru a caracteriza mai bine capacitatea lămpilor fulger de a fi utilizate în fotografie se menționează că marea majoritate a lămpilor de acest gen sînt astfel realizate ca temperatura de culoare a fulgerului să fie de circa 5 800 °K, apropiată de cea a luminii zilei. Prin temperatura de culoare se înțelege temperatura de grade Kelvin ($t°K = t°C + 273°C$) a unui corp negru care emite radiații de o anumită lungime de undă din spectrul vizibil. Temperatura de culoare exprimă relația dintre compoziția spectrală a luminii emise de un corp incandescent și temperatura acestuia. Dacă se cunoaște temperatura de culoare a unei lumini, prin comparație cu a spectrului emis de un corp negru adus la aceeași temperatură, se poate ști compoziția spectrală a luminii emise, care sînt radiațiile predominante și distribuția lor relativă în spectru.

c) *Efectul luminii fulger asupra materialelor fotosensibile.* Durata utilă relativ scurtă a luminii emise de lămpile fulger, spre deosebire de lumina normală de zi, duce la formarea unei imagini latente de profunzime în materialul fotosensibil. Aceasta implică o modificare în sensul prelungirii duratelor de revelare normale pentru a obține o imagine developată corect. Pentru lămpi cu durate utile de 1—2 ms această prelungire se recomandă a fi în jur de 25%. Pentru a modifica această valoare se impune cunoașterea exactă a duratei utile a fulgerului electronic.

9.5 Tipuri de lămpi fulger electronic

Modul de dispunere a elementelor constitutive cît și performanțele separate ale lămpilor fulger impun clasificări ce țin cont de următoarele criterii:

— modul de alimentare — rețea, rețea + baterii sau acumulator;

— modul de declanşare — prin cablu de sincronizare sau printr-un element fotosensibil auxiliar (servoblitz);

— modul de control al expunerii — necalibrat sau calibrat în funcţie de lumina reflectată;

— modul de montare — pe aparat sau inelar pe obiectiv;

— destinaţie — lămpi pentru amatori şi lămpi fulger pentru profesionişti, reporteri, cu energii radiante mari şi cu facilităţi de montare şi utilizare multiple.

9.6 Utilizarea fulgerului electronic în fotografie

Utilizarea lămpilor fulger electronic se face în mod normal în medii slab iluminate. Aceasta implică o corelaţie cu caracteristicile mediului ambiant şi ale subiectului mai ales din punct de vedere al capacităţii lor de reflexie.

Dacă indicaţiile privind corelaţia diafragmă şi distanţă de fotografiere sînt clar exprimate prin numărul director, modul de expunere a subiectului pentru a evita lumina plată, crearea unei surse difuze chiar cu fulgerul electronic, orientarea lămpii spre suprafaţa reflectantă, astfel ca lumina fulgerului să nu cadă frontal, ţin de experienţă şi fac ca fotografia să-şi îndreptăţească titlul de „artistică".

La utilizarea luminii reflectate produse de fulgerul electronic, calculul diafragmei se face ţinînd cont de întreaga distanţă de la lampă la suprafaţa reflectantă (de exemplu tavanul unei încăperi) şi de la aceasta la subiect, corectat prin coeficientul de reflexie a acestor suprafeţe.

Un alt element de care se va ţine seama va fi unghiul sub care se expune subiectul, acesta impunînd corecţii cînd este mai mare de 25° faţă de axul aparat-subiect. De menţionat că proiecţia cu lumina fulger sub un anumit unghi creează prin jocul umbrelor şi luminilor senzaţia de relief.

Consideraţiile făcute presupun detaşarea corpului de iluminat a blitzului de aparatul fotografic, ceea ce conferă o mai mare libertate de acţiuni, cu efecte salutare în calitatea fotografiilor.

Subiectele în mişcare, avînd în vedere durata utilă a fulgerului, pot fi surprinse în veritabile instantanee, cu condiţia ca iluminarea fondului să fie relativ redusă.

În situaţiile în care se fotografiază în încăperi mari, întunecoase, sau în peşteri, se constată la o anumită amplasare a aparatului fotografic (evident aflat pe trepied) şi la profunzimea cerută de cadru, că numărul ghid al lămpii fulger utilizate nu satisface. În acest caz se procedează la declanşări repetate cu obturatorul aparatului deschis. Numărul acestor declanşări va fi raportul dintre numărul ghid rezultat ca necesar în condiţiile concrete de fotografiere şi cel real al lămpii dat de producător pentru un film de o anumită sensibilitate. De exemplu:

$$N_F = 20 \quad \text{iar} \quad N_{F\ necesar} = 16\ (N) \cdot 10\ (S) = 160$$

$$n_{declanşări} = \frac{160}{20} = 8.$$

Alte precauţii care se impun apar evidente din analiza măsurătorilor caracteristicilor lămpilor fulger electronic. Astfel se recomandă aşteptarea a 3—4 secunde după aprinderea becului indicator cu neon pentru a atinge valorile ce au determinat stabilirea numărului director. În această idee utilizarea unei diafragme mai deschise decît cea calculată este în sensul siguranţei unei expuneri corecte.

Elementul cel mai important rămîne însă modul de sincronizare a lămpii fulger cu aparatul fotografic, diferenţiat în funcţie de tipul obturatoarelor — central sau cu perdea. Consideraţii mai amănunţite în acest sens sînt date în cap. 10.6.

CAPITOLUL **10**

DISPOZITIVE DE MĂSURARE A LĂMPILOR FULGER ELECTRONIC

Caracterizarea exactă a performanţelor lămpilor cu fulger electronic, verificarea acestora în corelaţie cu aparatele de fotografiat impune crearea unor dispozitive de măsură sau folosirea unor concepte special pentru acest scop.

10.1 Măsurarea tensiunii de aprindere a lămpilor fulger

Lămpile fulger sînt tuburi cu descărcare în gaz ce necesită un potenţial de ionizare scăzut şi care, aşa cum s-a mai arătat, emit o lumină cu o compoziţie spectrală apropiată de cea a luminii zilei.

Caracteristica voltampermetrică a unui asemenea tub este arătată în fig. 61.

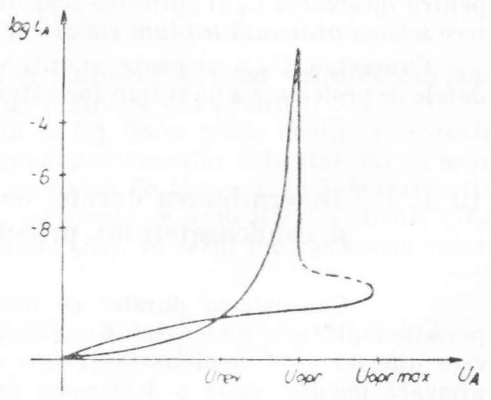


Fig. 61. Caracteristica $i_A - U_A$ a unui tub cu descărcarea luminiscentă normală.

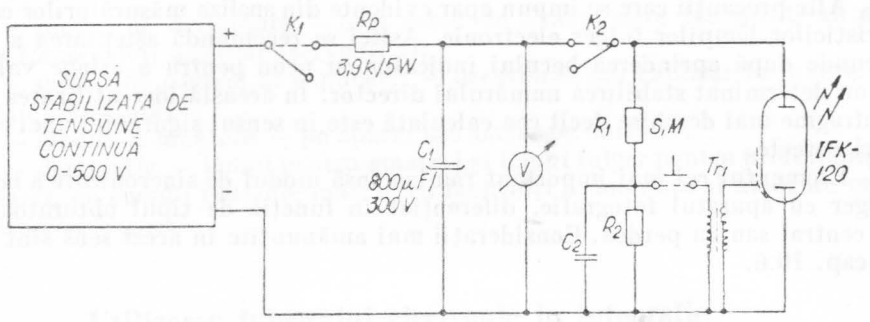


Fig. 62. Schema de măsurare a tensiunii de aprindere a lămpii fulger.

Pentru a avea o descărcare luminiscentă trebuie să se asigure tubului tensiunea de aprindere maximă ($U_{apr\ max}$) situație în care gazul se autoionizează și prin avalanșă se produce descărcarea. Practic pentru a ioniza gazul se utilizează un circuit de amorsare. În acest caz aprinderea are loc la o tensiune mai mică $U_{apr} < U_{apr\ max}$, descărcarea devenind și în acest caz autonomă, adică nu mai depinde de circuitul de amorsare. În datele de catalog ale tuburilor sînt date valorile U_{apr} care sînt cu 30—50% mai mici decît $U_{apr\ max}$.

Sursa lămpii fulger fiind un condensator, valoarea curentului nu va crește decît în primul moment, scăzînd apoi prin descărcarea condensatorului.

Pentru măsurarea U_{apr} se utilizează un montaj ce simulează condițiile de funcționare a lămpii avînd circuitul propriu de amorsare și cu declanșări de scurtă durată pentru a nu uza inutil lampa (fig. 62).

Montajul cuprinde o sursă de înaltă tensiune care încarcă prin cheia K_1 și rezistența de protecție R_p condensatorul principal C_1 al lămpii fulger sau un alt condensator de valoare mai mică (100—200 μF). Voltmetrul indică tensiunea de încărcare K_2 deschis. Se testează amorsarea pentru diferite tensiuni care se aplică prin K_2 direct pe lampa fulger, stabilindu-se astfel valoarea U_{apr} la care se produce amorsarea. Folosind o cheie cu 2 poziții comutările pentru încărcarea C_1 și aplicarea tensiunii pe lampă se fac foarte comod. Deoarece *schema utilizează tensiuni ridicate se impune o deosebită atenție la verificări !*

Cunoscînd U_{apr} se poate stabili valoarea condensatorului C_1 precum și datele de proiectare a unui transformator în cazul în care U_{apr} depășește 280 V.

10.2 Determinarea duratei de încărcare a condensatorului principal

Cunoașterea duratei de încărcare a condensatorului principal C_1 permite stabilirea intervalului minim dintre două declanșări. Această durată este diferită cînd condensatorul este complet descărcat sau cînd încărcarea urmează imediat după o declanșare de fulger electronic.

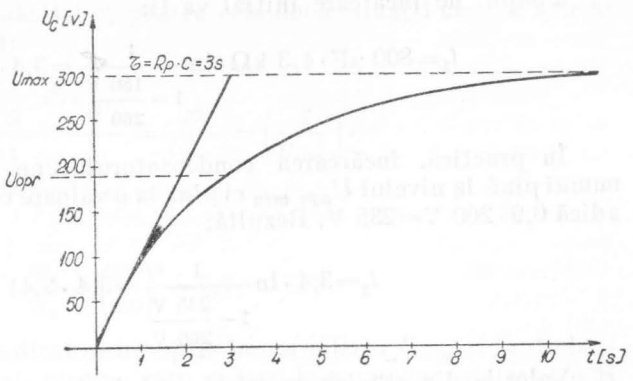


Fig. 63. Curba de încărcare a condensatorului principal de 800 μF a lămpii fulger KRISTAL.

Încărcarea inițială a C_1 se face printr-un circuit de redresare monoalternanță (*1*), dublă alternanță (*2*), sau în puncte (*3*), valoarea maximă pe condensator fiind în aceste trei cazuri:

(1) $U_{max1}=0{,}83\cdot\sqrt{2}\cdot U_{ef}$ (2) $U_{max2}=0{,}8\cdot\sqrt{2}\cdot U_{ef}$ (3) $U_{max3}=$
$=0{,}85\cdot\sqrt{2}\cdot U_{ef}$.

Analizînd mai atent anvelopa curbei generale de încărcare (fig. 63) se pot observa ondulațiile frecvenței rețelei de circa 20—30 V. Ecuația care caracterizează această curbă este:

$U_c=E(1-e^{-t/\tau})$ unde la $t=0$ $U_c=0$ iar la $t=\infty$ $U_c=E$.

E reprezintă valoarea tensiunii maxime pe care o furnizează fiecare tip de redresor. Teoretic atingerea acestei valori este posibilă după un timp infinit. Practic, sîntem interesați să atingem o valoare $U_c \geqslant U_{apr}$ pentru a asigura o declanșare a fulgerului prin circuitul de amorsare. Din această ecuație rezultă timpul de încărcare inițial (t):

$$t=\tau\cdot\ln\frac{1}{1-\frac{U_c}{E}}$$

unde $\tau=RC$ este constanta circuitului de încărcare, C fiind valoarea condensatorului din circuit iar R rezistența de încărcare din circuit.

Pentru schema lămpii FIL 41 dată în fig. 58 se poate neglija în calcule rezistența internă a lămpii fulger, rezistența divizorului indicatorului de neon și rezistența divizorului circuitului de amorsare. Se ține cont însă de rezistența de pierderi a condensatorului C_1 (R_{pc}), rezistența de protecție din circuit (R_p) și rezistența internă a sursei de alimentare (R_i). În cazul indicat aceste valori vor fi:

$R_i \approx R_{D_1}=0{,}05$ kΩ $R_p=R_1=0{,}5$ kΩ $R_{pc}=\frac{\tau}{C}=\frac{3\text{ s}}{800\ \mu\text{F}}=3{,}75$ kΩ

$R_{total}=R_i+R_p+R_{pc}=4{,}3$ kΩ.

Timpul de încărcare inițial va fi:

$$t_1 = 800\ \mu F \cdot 4{,}3\ k\Omega \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{180\ V}{260\ V}} = 3{,}4 \cdot 1{,}16\ s = 3{,}9\ s.$$

În practică, încărcarea condensatorului nu se consideră satisfăcătoare numai pînă la nivelul $U_{apr\ min}$ ci pînă la o valoare cel puțin egală cu $0{,}9 \cdot U_{max}$ adică $0{,}9 \cdot 260\ V = 235\ V$. Rezultă:

$$t_2 = 3{,}4 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{235\ V}{260\ V}} = 3{,}4 \cdot 2{,}41\ s = 8{,}2\ s.$$

Valorile din catalog se referă însă la intervalul dintre două declanșări succesive. Acest interval este mai mic, avînd în vedere că nu are loc o descărcare totală a condensatorului principal, pe el rămînînd o tensiune $U_{rem} = 60 - 80$ V. În acest caz timpul real de încărcare va fi:

$$t_4 = t_2 - t_3 \quad \text{unde} \quad t_3 = 3{,}4 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{70}{260}} = 3{,}4 \cdot 0{,}314\ s = 1{,}03\ s$$

$$t_4 = 8{,}2\ s - 1{,}03\ s = 7{,}17\ s.$$

Această valoare, pentru o încărcare a condensatorului principal la 0,9 din U_{max}, este apropiată de cea dată în catalog de 10 s ca interval mediu între două declanșări succesive. Acest interval trebuie respectat chiar dacă indicatorul optic indică prin aprindere încărcarea condensatorului la o tensiune suficientă pentru aprinderea lămpii. Dacă se admite o încărcare pînă la $0{,}92 - 0{,}95$ din U_{max} t_4 depășește valoarea de 10 s.

10.3 Reglarea indicatorului optic

Determinarea duratei de încărcare a condensatorului prin simpla cronometrare a timpului scurs din momentul introducerii în priză (sau la baterie) a lămpii și pînă la aprinderea becului de control de neon nu este decît orientativă, acest reglaj fiind făcut în apropierea tensiunii de aprindere a lămpii. Fotografii cu experiență știu că după aprinderea becului cu neon este bine de așteptat încă cîteva secunde pînă la declanșarea lămpii pentru a asigura o expunere corectă.

Din calculele anterioare s-a arătat că această diferență la lampa FIL 41 este la prima declanșare de la 3,9 s la 8,2 s. Trebuie subliniat că numerele directoare după care ne ghidăm la expunerea corectă sînt stabilite pentru energii luminoase maxime care asigură încărcarea condensatorului la o valoare apropiată de cea a tensiunii de alimentare (90—95%). Considerînd că există o proporționalitate între energia luminoasă emisă de lampa fulger și cea a

energiei înmagazinate de condensator, pentru cele două situații cînd se atinge $U_{c1}=U_{apr}$ și $U_{c1}=E$ rezultă:

$$\frac{W_2}{W_1}=\frac{\frac{1}{2}\cdot C\cdot U_{c_2}^2}{\frac{1}{2}\cdot C\cdot U_{c_1}^2}=\frac{E^2}{U_{apr}^2}=\left(\frac{E}{U_{apr}}\right).$$

În cazul analizat:

$$\frac{W_1}{W_2}=\left(\frac{260}{180}\right)^2=2{,}1.$$

Rezultă că la reglarea indicatorului optic în apropierea U_{apr} și la declanșarea lămpii în acest moment, eroarea care se face la expunere este ceva mai mare de o diafragmă. La fotografiile color consecințele sînt subexpuneri de necorijat în prelucrarea ulterioară. Schema indicatorului optic este dată în fig. 64.

Pentru un reglaj corect al indicatorului optic cunoscînd U_{apr} a becului cu neon (se verifică cu aceeași sursă de înaltă tensiune continuă, cap. 10.1) și curentul de regim normal de luminiscență se pot stabili următoarele relații:

$$U_c=U_{R_1}+U_{R_2}=0{,}9\cdot U_{apr\ max}=235\text{ V}\qquad U_{R_2}=U_{apt\cdot\text{bec neon}}=65\text{ V}$$

$$U_{R_1}=235=65\text{ V}=170\text{ V}.$$

Valoarea curentului prin becul cu neon în regim normal de luminiscență este de la 10^{-6} A la 10^{-4} A. Se admite un curent pentru becul cu neon de 10^{-5} A. Caracteristica lămpii cu neon este indicată în fig. 65. Dacă se alege un divizor general parcurs de un curent de 20 ori mai mare ca cel prin becul cu neon rezultă:

$$R_1=\frac{170\text{ V}}{2\cdot10^{-3}\text{ A}}=850\text{ k}\Omega\qquad R_2=\frac{65\text{ V}}{2\cdot10^{-4}\text{ A}}=325\text{ k}\Omega.$$

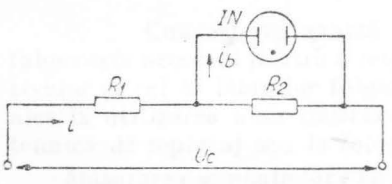


Fig. 64. Schema indicatorului optic.

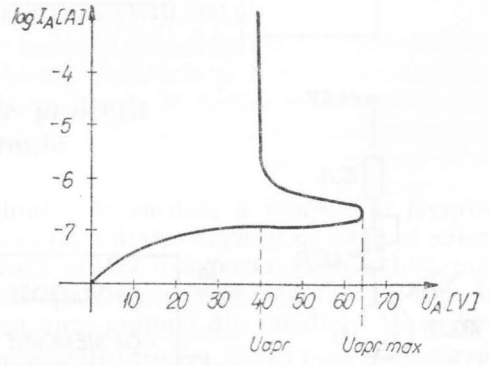


Fig. 65. Caracteristica i_A-U_A a lămpii cu neon IN-3.

Valoarea practică aleasă pentru R_1 este de 1 MΩ iar pentru a marca încărcarea condensatorului la 235 V potențiometrul semireglabil de 1 MΩ introdus în circuitul indicatorului optic FIL 41 va trebui reglat la valoarea de 325 kΩ. Stabilirea practică a acestei valori se face conectînd un voltmetru pe condensator și urmărind creșterea tensiunii pe acesta simultan cu indicația becului cu neon care va fi reglat să se aprindă atunci cînd $U_{c_1} \geqslant 235$ V. Eroarea în utilizarea numărului ghid al lămpii, în acest caz nu este mai mare de 1/5 dintr-o diafragmă la o declanșare imediat după aprinderea lămpii. Verificarea acestei aprinderi trebuie făcută numai în sensul creșterii tensiunii, deoarece după autoamorsarea becului cu neon, așa cum se vede pe caracteristica generală a tuburilor cu descărcare în gaz (fig. 65), descărcarea se menține la o tensiune mai mică decît $U_{apr\ max}$. În toate considerațiile de pînă acum s-a apreciat că pe parcursul măsurătorilor valoarea tensiunii de alimentare este constantă.

10.4 Măsurarea duratei fulgerului electronic

În capitolul 9.4.d. la prezentarea caracteristicilor lămpilor fulger electronic s-a definit și noțiunea de durată utilă a fluxului luminos. Determinarea acestei durate se face cu montajele de mai jos.

Montajul din fig. 66 utilizează o celulă fotovoltaică ROL 11 ale cărei borne sînt conectate direct la un osciloscop cu memorie. La iluminarea puternică produsă de lampa fulger pe osciloscop vom avea reprodusă variația fluxului luminos tradus în tensiune. Conform celor stabilite la definirea duratei utile a fulgerului, pe osciloscop, a cărei bază de timp este calibrată, se va citi direct valoarea duratei fulgerului.

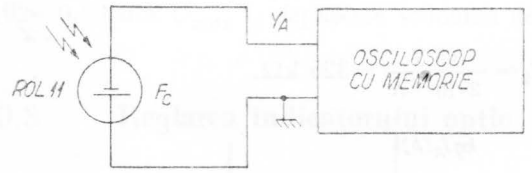


Fig. 66. Schema de măsurare a duratei fulgerului electronic cu o celulă fotovoltaică.

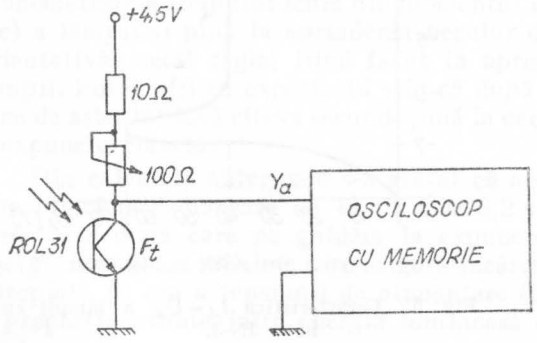


Fig. 67. Schema de măsurare a duratei fulgerului electronic cu un fototranzistor.

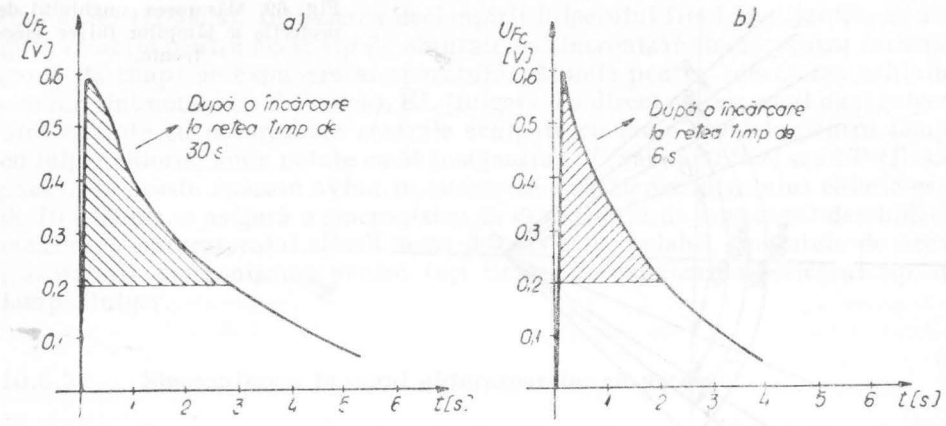


Fig. 68. Diagrama fluxului luminos emis de o lampă fulger IFK-120 reprodusă cu o celulă fotovoltaică.

Pentru efectuarea acestei măsurători se poate utiliza și un fototranzistor ROL 31 montat într-un divizor rezistiv alimentat la o tensiune de 4,5 V (fig. 67). În acest caz caracteristica fluxului este reprodusă parțial din cauza saturației tranzistorului dar se poate completa prin extrapolare. Măsurătorile pot fi făcute și pe un osciloscop fără memorie fixat cu spotul pe autodeclanșare la impuls negativ, remanența spotului fiind reglată prin luminozitatea maximă admisă pe ecran. Citirea în acest caz nu poate fi făcută cu mare precizie și necesită mai multe declanșări de fulgere cu compararea și medierea rezultatelor.

Analizîndu-se cele două diagrame ridicate (fig. 68), după 30 s respectiv 6 s de încărcare se constată din comparația lor că în primul caz durata utilă este de 3 ms (1/330 s) iar în al doilea caz de 2 ms (1/500 s). Micșorarea expunerii în cea de-a doua situație constituie un argument în plus ca declanșarea să se facă după circa 10 secunde de încărcare de la rețea pentru a asigura o tensiune cît mai ridicată pe condensatorul principal. Din diagramă se pot stabili și timpii de creștere care sînt de circa 0,1 ms (1/10 000 s).

10.5 Măsurarea unghiului de proiecție a lămpilor fulger electronic

Cunoașterea exactă a unghiului de emitere a luminii la lămpile fulger este necesară pentru a respecta corelația dintre unghiul de cîmp al obiectivelor și cel al lămpilor fulger. Aceasta capătă o importanță deosebită mai ales la utilizarea unor obiective grandangulare sau superangulare folosite în tehnica de reportaj sau la fotografierea unor grupuri din imediata apropiere.

Măsurarea se poate face cu un exponometru pentru lămpi fulger sau direct prin testare cu ajutorul unei celule fotovoltaice prevăzute cu un filtru pentru a lucra în zona liniară a caracteristicii tensiune — iluminare (fig. 69).

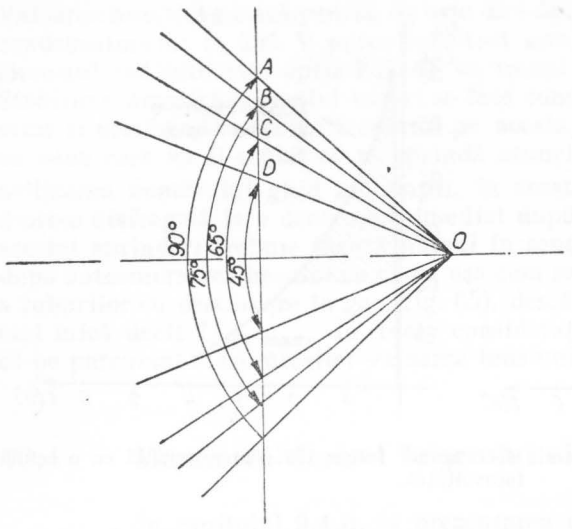


Fig. 69. Măsurarea unghiului de proiecţie a lămpilor fulger electronic.

Se fixează echipamentul lămpii fulger într-un punct şi se montează pe un ecran simplu în punctele *A*, *B*, *C*, *D* o fotocelulă voltaică conectată direct la un osciloscop (montaj dat în fig. 66). Indicaţia semnalului vizualizat pe osciloscop, ca amplitudine va fi proporţional cu intensitatea fluxului luminos din acel punct. Punctul corespunzător scăderii intensităţii cu 30% va marca unghiul de proiecţie al lămpii fulger. Modificările de distanţă între fotocelulă şi lampă în măsurătorile din diferite puncte sînt neglijabile.

10.6 Sincronizarea lămpilor fulger electronice cu aparatele de fotografiat

La prezentarea aparatelor de fotografiat au fost arătate mai pe larg caracteristicile obturatoarelor centrale şi cu perdea (cap. 1.2). Sincronizarea funcţionării acestora se realizează practic prin intermediul unui cablu conectat la un capăt în circuitul de amorsare a lămpii fulger iar în celălalt, printr-o mufă specială de sincronizare, la un contact al obturatorului. Momentul închiderii acestui contact raportat la poziţia obturatorului constituie sincronizarea ce urmează să fie verificată.

10.6.1 Sincronizarea în cazul obturatoarelor centrale

Teoretic obturatoarele centrale sînt astfel realizate încît închiderea contactului de sincronizare să se producă în momentul deschiderii complete a obturatorului. Menţinerea în această poziţie se asigură pentru timpii cei mai scurţi (1/500 s) pe o durată mai mare decît durata utilă a fulgerului electronic

(de obicei 1/1000 s). Întîrzierea declanşării fulgerului fiind neglijabilă, se asigură teoretic pentru acest tip de obturator o sincronizare bună pentru întreaga gamă de timpi de expunere ai aparatului. Mufele pentru conectarea cablului sincron sînt notate cu X (xenon), EL (fulger) sau direct cu însemnul unui fulger. Sînt aparate cu obturatoare centrale echipate cu mufe speciale pentru lămpi cu fulger chimic, mufe notate cu M (magneziu), V (vakuumblitz) sau FP (flash-pack). La aceste aparate avînd în vedere că întîrzierea fulgerului chimic este de 10—20 ms se asigură o sincronizare în devans faţă de momentul deschiderii maxime a obturatorului. Dacă acest devans este reglabil, aparatele de acest gen permit sincronizarea pentru toţi timpii de expunere ai oricărui tip de lampă fulger.

10.6.2 Sincronizarea în cazul obturatoarelor cu perdea

Expunerea gradată longitudinală sau transversală a fişiilor de imagine la aparatele cu obturatoare focale a indicat incompatibilitatea utilizării lămpilor fulger la timpi de expunere mai scurţi de 1/50 s. De aceea sincronizarea se face pentru timpi de 1/30 sau 1/25 s fiind practic realizată pentru momentul cînd fanta primei perdele depăşeşte marginea cadrului fotopeliculei. Pentru aparatele care se prevăd a fi utilizate cu lămpi cu fulgere chimice se asigură un devans de 10—20 ms în sensul celor arătate la obturatoarele centrale. Trebuie menţionat faptul că sînt aparate (de exemplu în seria PENTAX-ASAHI) care utilizează obturatoare focale cu lamele, unde sincronizarea este posibilă şi la timpi de 1/125 s.

10.6.3 Verificarea sincronizării fulgerului electronic

Stabilirea relaţiei exacte care există între modul de expunere (acţiunea obturatorului) şi modul de iluminare cu lămpile fulger electronic se poate verifica cu ajutorul unui osciloscop cu memorie cu 2 spoturi în următorul mod (fig. 70):

Se deschide aparatul de fotografiat montînd în spatale obturatorului central sau cu perdea fotocelula voltaică F_{c1} (tip ROL 11). Acesta va înregistra diagrama timpului de expunere în sensul celor arătate în cap. 8.3. Cealaltă fotocelulă F_{c2} tot de tipul ROL 11 se va monta astfel încît să primească o parte din lumina lămpii fulger conectată prin cablul sincron de aparat. La

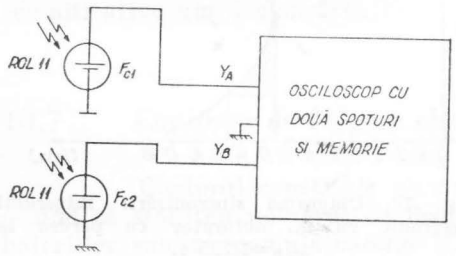


Fig. 70. Schema de verificare a sincronizării fulgerului electronic.

declanșare pe osciloscop se va obține diagrama de expunere și diagrama duratei utile a fulgerului avînd același punct de referință. Diagrama se poate înregistra și cu un osciloscop cu memorie cu un singur spot. În acest caz durata fulgerului apare ca un impuls ascuțit suprapus impulsului dat de expunerea normală.

La verificarea sincronizării fulgerului electronic cu obturatorul aparatului LIUBITEL 2 se constată că declanșarea fulgerului are loc la 1—1,5 ms de la deschiderea completă a obturatorului (fig. 71). La timpul de expunere de 1/250 s, la o încărcare bună a condensatorului principal, se asigură la limită utilizarea totală a duratei utile a fulgerului electronic. La timpul de 1/500 s, situația este și mai defavorabilă, deși sincronizarea are loc. În concluzie pentru exemplarul măsurat se recomandă să se fotografieze cu timpi de 1/125 s sau mai lungi.

În cazul aparatelor cu obturatoare focale pentru a arăta compatibilitatea sincronizării corecte cu timpii de expunere preselectați se dau diagramele de sincronizare pentru timpii 1/125 s, 1/50 s și 1/25 s ai aparatului KIEV 4A, celula fotovoltaică fiind montată în centrul cadrului.

La timpul de expunere t=1/125 s (fig. 72) viteza de deplasare a perdelei (fantei) fiind de 200 cm/s diagrama ridicată indică fîșia de imagine ce poate fi expusă la iluminarea fulgerului, fanta avînd în acest caz o lățime de 16 mm. Se constată că declanșarea reală a fulgerului are loc la 0,5 ms după ce fanta depășește marginea fotogramei. Pentru înțelegerea completă a diagramei, semnificația timpilor marcați este următoarea:

t_0 — momentul începerii mișcării perdelei din față;
t_1 — momentul în care marginea fantei perdelei ajunge la capătul fotogramei;
t_2 — momentul declanșării fulgerului electronic;

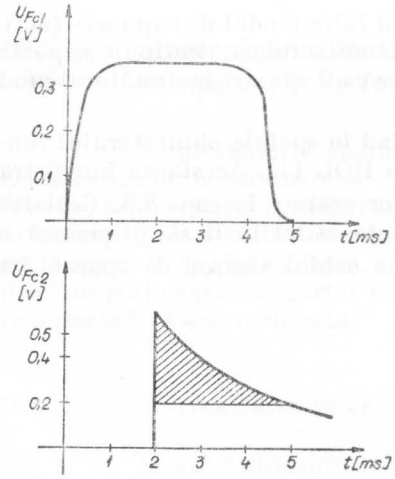


Fig. 71. Diagrama sincronizării fulgerului electronic cu un obturator central la t_{exp}=1/250 s.

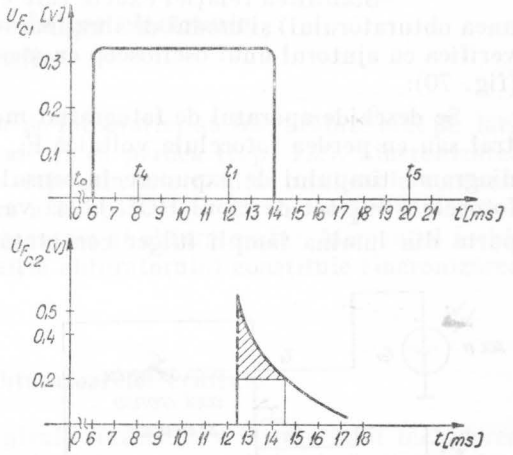


Fig. 72. Diagrama sincronizării fulgerului electronic cu un obturator cu perdea la t_{exp}=1/125 s.

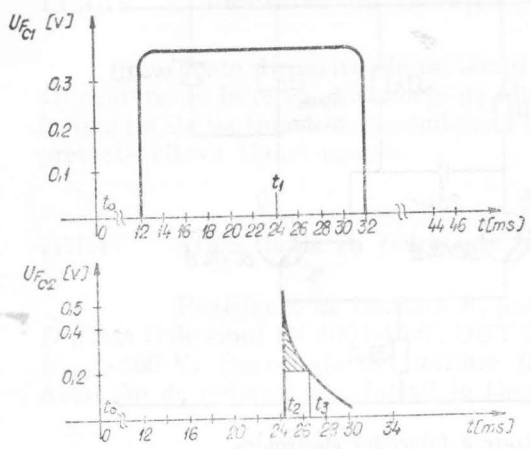


Fig. 73. Diagrama sincronizării fulgerului electronic cu un obturator cu perdea la t_{exp}= 1/50 s.

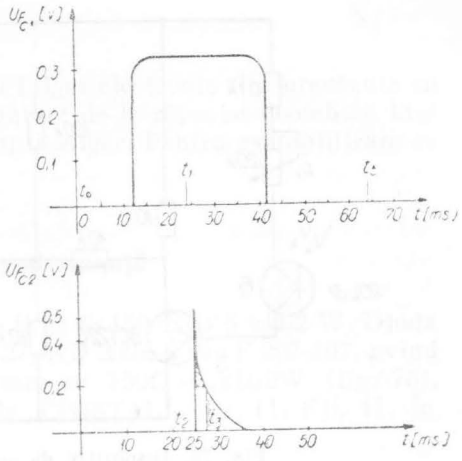


Fig. 74. Diagrama sincronizării fulgerului electronic cu un obturator cu perdea la t_{exp}=1/25 s.

t_3 — momentul terminării fulgerului electronic (durata utilă 2 ms= =1/500 s);

t_4 — momentul de punere în mişcare a perdelei din spate;

t_5 — momentul terminării expunerii.

Rezultă că din lăţimea fotogramei de 24 mm, doar 13,5 mm vor fi iluminaţi de lampa fulger.

La timpul de expunere t=1/50 s (fig. 73) viteza perdelei fiind de 100 cm/s= =1 mm/ms fanta va avea lăţimea de 20 mm. În acest caz va fi iluminată de lampa fulger (cu expunere corectă determinată de durata utilă a fulgerului) 17,5 mm din lăţimea fotogramei.

La t=1/25 s (fig. 74) şi viteza perdelei de 100 cm/s fanta va avea lăţimea de 40 mm. În acest caz va fi iluminată de lampa fulger cu expunere corectă întreaga fotogramă.

Verificarea sincronizării fulgerului electronic poate fi făcută şi în lipsa unei lămpi fulger declanşate sincron. În acest caz, marcarea pe osciloscop a contactului de sincronizare poate fi făcută într-un circuit elementar cu o sursă de c.c. şi o rezistenţă de pe care se culege tensiunea în cele două momente semnificative ale declanşării.

10.7 Contoare de fulgere electronice

Contorul constituie un montaj auxiliar ce permite într-un mod comod să stabilim numărul de declanşări de fulgere la testarea capacităţii bateriilor sau a acumulatoarelor (fig. 75).

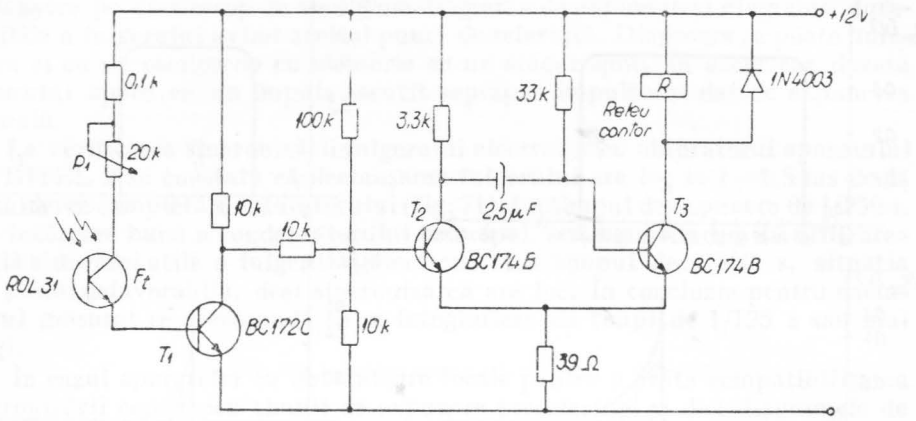


Fig. 75. Dispozitiv de numărare a fulgerelor electronice.

Lumina recepționată de fototranzistorul ROL 31 de la o lampă fulger declanșată (sensibilitatea se reglează din potențiometrul P_1 de 20 kΩ) comandă prin T_1 un circuit basculant monostabil realizat cu tranzistoarele T_2 și T_3. Tranzistorul T_2, care este în stare normală în conducție, va fi blocat la acționarea fulgerului, durata basculării fiind independentă de durata utilă a fulgerului. Constanta de timp a circuitului basculant monostabil este suficient de mare ca să asigure acționarea releului contor de tip telefonic modificat pentru a se acționa la tensiunea de 12 V.

Dispozitivul poate fi reglat pentru fluxuri luminoase intense care corespund unor energii radiante mari sau pentru fluxuri luminoase scăzute după cum se asigură încărcarea condensatorului principal al lămpii.

CAPITOLUL 11

SISTEME DE ALIMENTARE A LĂMPILOR FULGER ELECTRONIC

Toate dispozitivele de lămpi fulger electronic au în componența lor un element de acumulare a energiei-condensatorul principal. Încărcarea acestuia trebuie făcută de la o sursă care poate fi rețeaua, un acumulator sau un grup de baterii. Modul în care este conceput sistemul de alimentare influențează direct caracteristicile globale ale dispozitivului de iluminare prin energia luminoasă emisă, durata utilă a fulgerului cît și prin intervalul dintre două declanșări.

11.1 Alimentarea de la rețea

Toate dispozitivele de lămpi cu fulger electronic sînt prevăzute cu alimentare de la rețea. Sistemele de alimentare de la rețea se deosebesc însă în funcție de tensiunea de aprindere a lămpii fulger. Pentru exemplificare se prezintă cîteva tipuri uzuale.

11.1.1 Alimentarea cu redresoare monoalternanță

Rezistența de limitare R_1 poate fi de la 150 Ω la 5 kΩ/2 W. Dioda D poate fi de tipul 1N 4004-4007, DGT 25-27, KD 202π-C sau F 207-407, avînd $U_{inv}>400$ V. Rezistența de limitare R_1 este de 150Ω – 5kΩ/2W (fig. 76). Acest tip de redresor este folosit la lămpile „CRISTAL", FIL 11, FIL 41. În

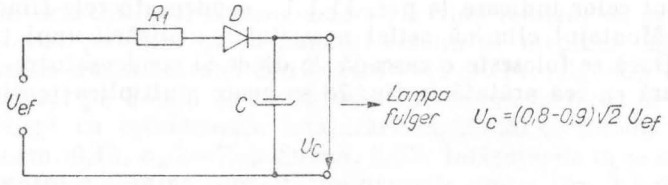


Fig. 76. Alimentarea de la rețea cu redresor monoalternanță.

cazul în care nu se dispune de diode cu tensiunea ridicată se pot folosi două diode inseriate, egalizarea tensiunilor inverse făcîndu-se cu ajutorul unor rezistențe puse în paralel.

11.1.2 Alimentarea cu redresoare în punte

În această situație puntea redresoare poate fi de tipul 1 PM 4 – 1 PM 8 sau echivalente ale acestora BSB 4 – 8, B 560-C 800 sau patru diode din cele arătate la redresoarele monoalternanță (fig. 77). Acest tip de redresor este folosit la modelele de lămpi FIL 41 sau FIL 11M.

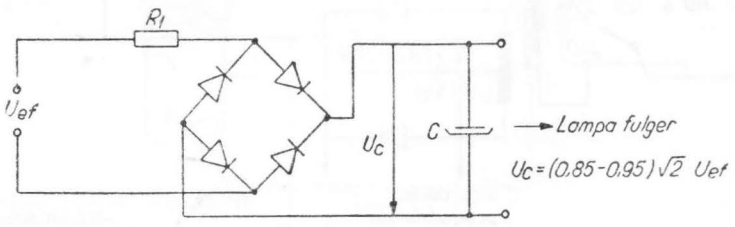


Fig. 77. Alimentarea de la rețea cu redresor în punte.

11.1.3 Alimentarea cu multiplicatoare de tensiune

Acest tip de montaj folosit la una dintre variantele FIL 41 este recomandabil atunci cînd nu se dispune de o tensiune de reţea de 220 V sau cînd lampa fulger are o tensiune de aprindere mai mare de 280 V (fig. 78). Diodele

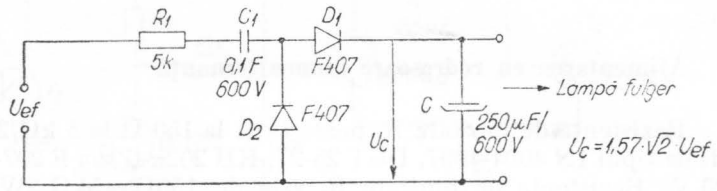


Fig. 78. Alimentarea cu dubloare de tensiune.

sînt de tipul celor indicate la pct. 11.1.1., condensatoarele fiind la tensiuni de 600 V. Montajul elimină astfel necesitatea utilizării unui transformator ridicător. Dacă se foloseşte o cascadă de diode şi condensatoare într-o dispunere similară cu cea arătată în fig. 78 se poate multiplica tensiunea de mai multe ori.

11.1.4 Alimentarea cu transformator şi redresor

Acest tip de alimentare se utilizează în cazul lămpilor fulger cu U_{apr} de 400—500 V care necesită un transformator de ridicare a tensiunii avînd şi rol de separator (fig. 79). El este urmat de un redresor în punte. De cele mai multe ori, acelaşi transformator este utilizat pentru încărcarea acumulatorului cu un montaj suplimentar de redresor dublă alternanţă. Transformatorul permite alimentarea de la reţele de tensiuni diferite.

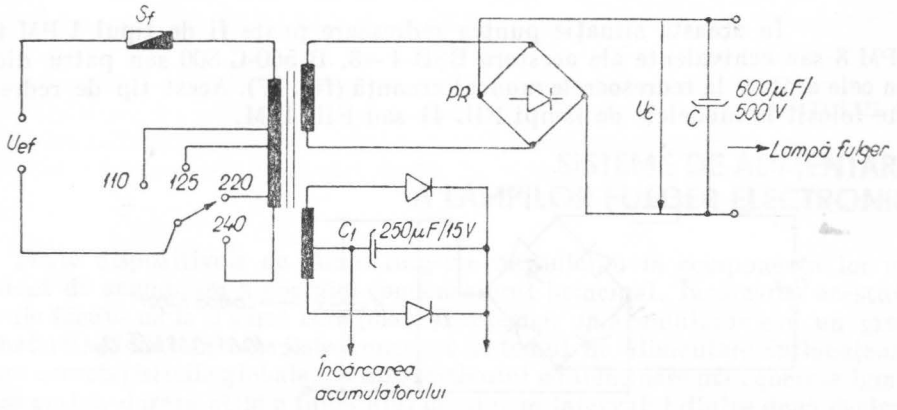


Fig. 79. Alimentarea cu transformator şi redresor în punte.

11.2 Alimentarea de la baterii sau acumulatoare

În practică necesitatea de a folosi lampa fulger independent de rețea a impus ca cele mai multe tipuri de lămpi să fie însoțite de sisteme de alimentare de la baterii sau acumulatoare. Elementul comun al tuturor acestor scheme îl constituie un convertor de tensiune cu transformator ce transpune tensiunea continuă de ordinul 4,5 V—12 V în tensiunea alternativă de 220 V—400 V necesară alimentării lămpii fulger. De obicei aceste alimentatoare sînt realizate compact într-o unitate separată care se conectează la lampa fulger prin același cablu de alimentare ca la rețea. Pentru exemplificare se prezintă cîteva montaje practice de alimentatoare.

11.2.1 Alimentator de la o baterie de 4,5 V

Acest alimentator utilizează un convertor clasic în contratimp cu transformator, dezechilibrul necesar amorsării fiind realizat cu grupul diodă-rezistență montat pe sursă și cu punctul comun pe mediana înfășurării de reacție din bazele tranzistoarelor de tip AC 180 K gr. IV. (fig. 80). Transformatorul este realizat pe o oală de ferită Φ34×28 avînd factorul de inductanță A_L=1600 μH/sp² cu următoarele înfășurări: $n_1/2$=20 sp Cu.em. 0,65, n_2= =1200 sp Cu.em. 0,13, $n_3/2$=7 sp Cu.em. 0,22. Înfășurările n_1 și n_3 sînt realizate dublu pentru a elimina capacitățile parazite dintre fire. La montare trebuie să se țină cont de sensul înfășurării, steluța din schemă indicînd începutul înfășurării. Înfășurarea n_2 se va bobina pe un galet separat și cu precauții mai mari privind izolația înfășurărilor.

Schema funcționează între 4,5 V—3,5 V. Intervalul dintre două declanșări (marcate prin aprinderea becului cu neon în sensul celor arătate în cap. 10.3) este pentru primele 35 de declanșări de 7—10 s iar pentru următoarele declanșări de 10—16 s. Numărul total de declanșări posibile în cazul utilizării

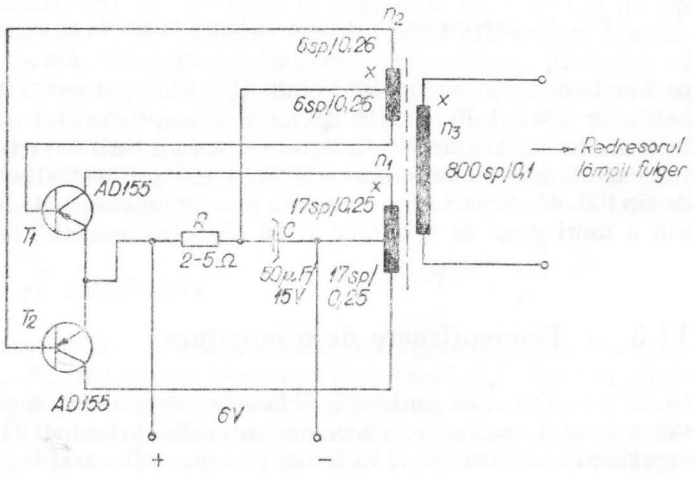


Fig. 80. Schema de alimentare a lămpii fulger de la o baterie de 4.5 V.

unei baterii plate 3 R 12 de 4,5 V este de 120, intervalul dintre două declanşări ajungînd în acest caz la 30 s. Montajul funcţionează fără radiatoare speciale, fiind verificat pe lămpile fulger CRISTAL şi FIL 41. În cazul utilizării a trei baterii de tipul R 20 de 1,5 V randamentul este incomparabil mai bun, capacitatea acestor baterii fiind mai ridicată.

11.2.2 Alimentator de la un acumulator de 6 V

Acest alimentator utilizează tot un convertor în contratimp, dezechilibrul necesar amorsării fiind dat de grupul *RC* cu valorile indicate în schema din fig. 81. Tranzistoarele sînt de tipul AD 155. Transformatorul este realizat

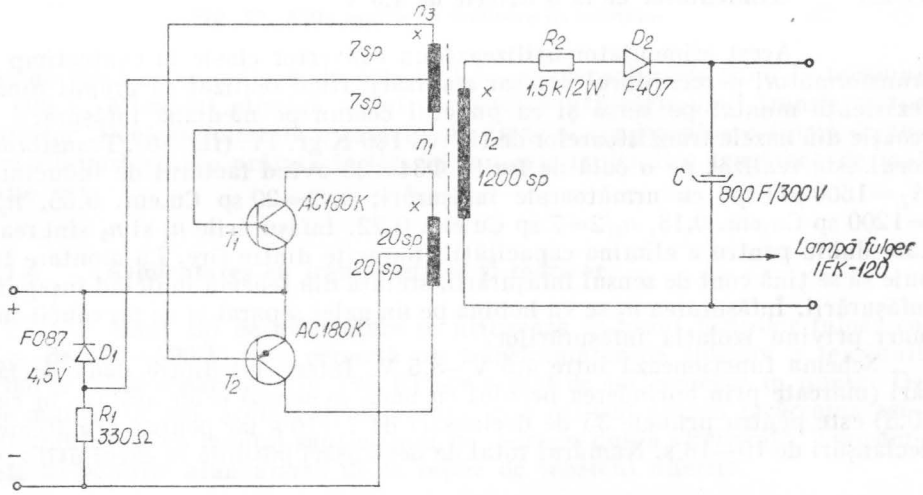


Fig. 81. Schema de alimentare a lămpii fulger de la un acumulator de 6 V.

pe o oală de ferită $\Phi 26 \times 16$ avînd $A_L = 2500$ μH/sp² înfăşurările n_1 şi n_2 fiind bobinate bifilar. Frecvenţa de lucru a convertorului este de 6 kHz marcată în stare de funcţionare a convertorului cu un ţiuit caracteristic. Montajul funcţionează fără radiatoare speciale fiind utilizat la declanşarea a 2 lămpi fulger de tip FIL 41. Schema funcţionează pînă la tensiunea de 4,5 V a acumulatorului sau a unui grup de 4 baterii R 20 (Electrobanatul Timişoara).

11.3 Economizoare de alimentare

Prin economizor la o lampă fulger se înţelege un dispozitiv ce serveşte la reglarea încărcării condensatorului principal la o anumită valoare şi menţinerea acestei valori în limite restrînse. În acest mod nu numai că se pro-

tejează condensatorul de suprasarcini periculoase dar se realizează şi o folosire economicoasă a sursei de încărcare. În prezent, noile tipuri de lămpi fulger destinate amatorilor sînt livrate cu asemenea economizoare.

11.3.1 Economizor cu tranzistoare şi releu de decuplare

Schema acestui economizor (fig. 82) cuprinde următoarele elemente: un divizor potenţiometric (R_1, R_2, R_3) ce culege o tensiune de măsură de pe condensatorul principal (C) al lămpii fulger, un stabilitron (St) şi un montaj

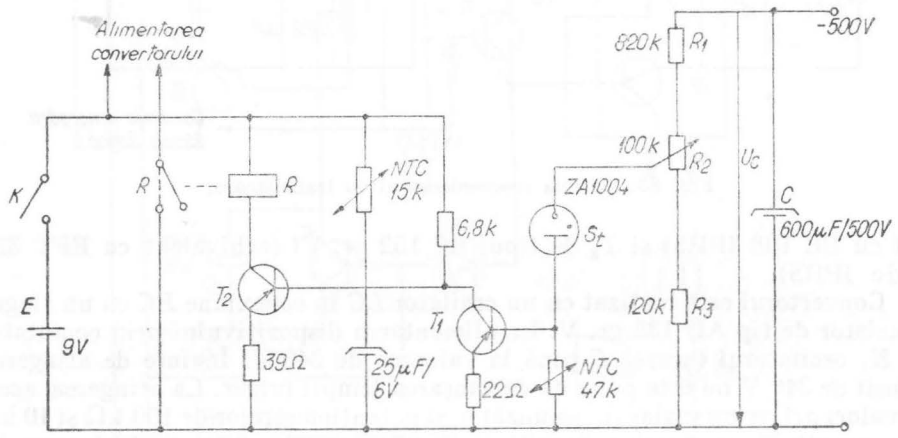


Fig. 82. Schema economizorului cu tranzistoare şi releu.

de comutaţie şi comandă (T_1 şi T_2) al releului de decuplare (R). La alimentarea generală a dispozitivului prin comutatorul K se alimentează şi montajul de bază al economizorului. Tranzistorul T_2 este adus în conducţie iar releul R de tip KAKO 1500 Ω se acţionează. Prin contactul releului se dă alimentare convertorului nefigurat în schemă. Convertorul încarcă condensatorul principal al lămpii. Atunci cînd se atinge o valoare de circa 480 V, prin divizorul potenţiometric şi stabilitron se aduce în conducţie T_1, care la rîndul lui va bloca pe T_2, producînd căderea releului şi decuplarea convertorului. Această situaţie se va menţine pînă cînd tensiunea U_C va scădea sub 460 V cînd nu se mai asigură comanda $T_1 \cdot T_2$ se va acţiona din nou şi întregul ciclu se va relua.

11.3.2 Economizor cu tranzistoare

Schema acestui divizor cuprinde aceleaşi elemente (fig. 83). Un divizor potenţiometric (R_1, R_2, R_3) culege tensiunea de măsură U_C. Acelaşi divizor este utilizat pentru semnalizarea încărcării C prin aprinderea unei lămpi de neon. Se pune astfel în concordanţă acest moment cu comanda schemei economizorului care cuprinde tranzistoarele T_1 şi T_2 de tipul BC 238 B (echiva-

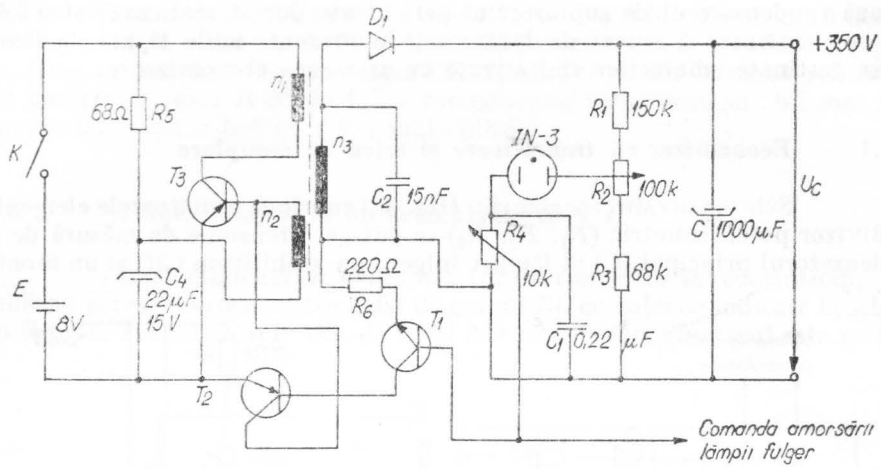


Fig. 83. Schema economizorului cu tranzistoare.

lent cu BC 108 IPRS) și T_3 de tipul AC 152 gr. VI (echivalent cu EFT 333 verde IPRS).

Convertorul este realizat cu un oscilator *LC* în conexiune *EC* cu un singur tranzistor de tip AD 136 gr. V. La alimentarea dispozitivului prin comutatorul *K*, oscilatorul încarcă *C* pînă la valoarea de 340 V. Înainte de atingerea valorii de 340 V nu este posibilă declanșarea lămpii fulger. La atingerea acestei valori printr-un reglaj corespunzător al potențiometrelor de 100 kΩ și 10 kΩ se comandă T_1 cu tensiune pozitivă. T_1 în conducție comandă deblocarea T_2 care va șunta joncțiunea *BE* a oscilatorului T_3, blocînd în final funcționarea acestuia și alimentarea condensatorului *C*. Se va menține astfel tensiunea U_C în jurul valorii de 350 V, montajul nepermițînd declanșări accidentale ceea ce elimină total posibilitatea unei subexpuneri.

11.4 Dispozitivul lampă fulger electronic tip FIL 11M

Lampa fulger FIL 11 M este un dispozitiv care permite alimentarea de la rețea și de la baterie de 6 V, montajul fiind prevăzut cu un economizor de alimentare.

Schema lămpii fulger FIL 11 M (fig. 84) cuprinde două părți:

— *blocul de alimentare* de la baterii, realizat separat și montat într-o casetă ce cuprinde și bateriile.

— *blocul de comandă*, montat în corpul de alimentare al lămpii fulger.

Blocul de alimentare utilizează 4 baterii R 20 și cuprinde un convertor clasic realizat cu tranzistoarele T_1 și T_2 de tipul π216 B (echivalent cu ASZ 18 IPRS), transformatorul fiind realizat pe ferită cu următoarele date: $n_1 = 2 \times 18$ sp Cu.em. 0,64, $n_2 = 2 \times 10$ sp Cu.em. p,31, $n_3 = 1440 \pm 60$ sp Cu.em 0,1. Tensiunea este redresată cu 4 diode rapide D 226 B (echivalente cu BA 157

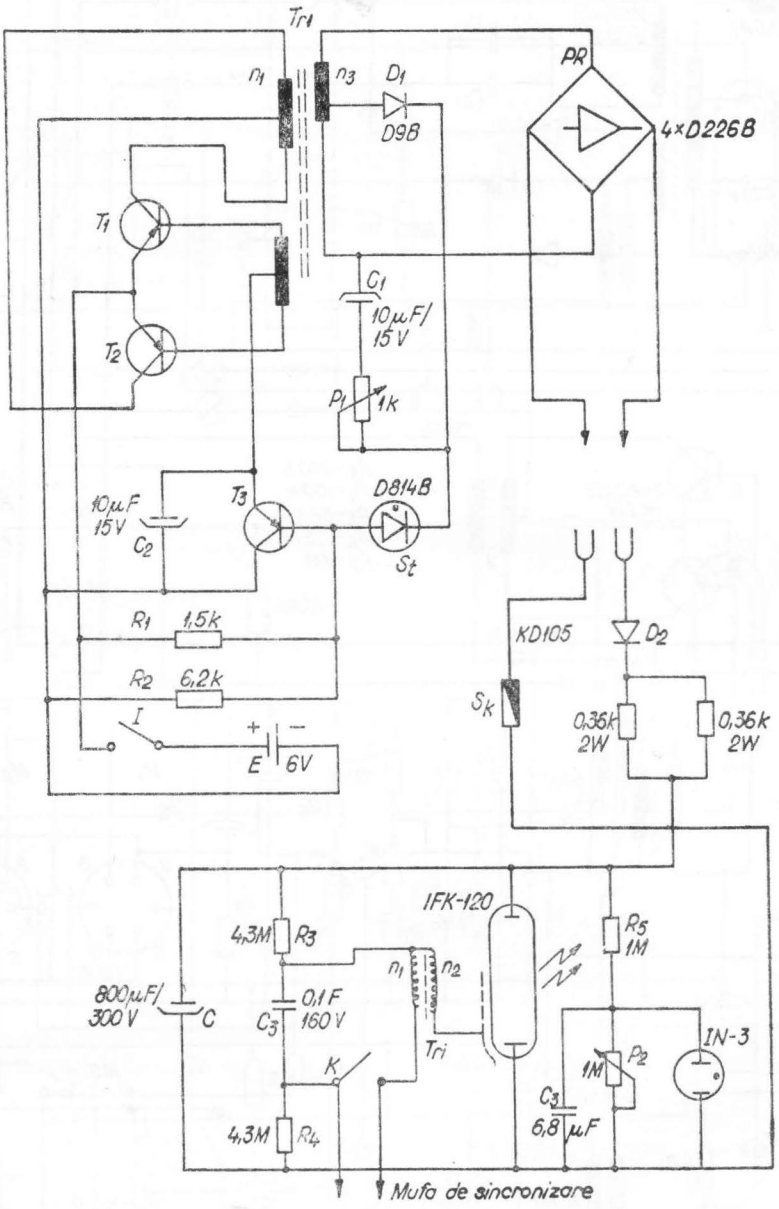


Fig. 84. Schema dispozitivului lampă fulger electronic tip FIL 11M.

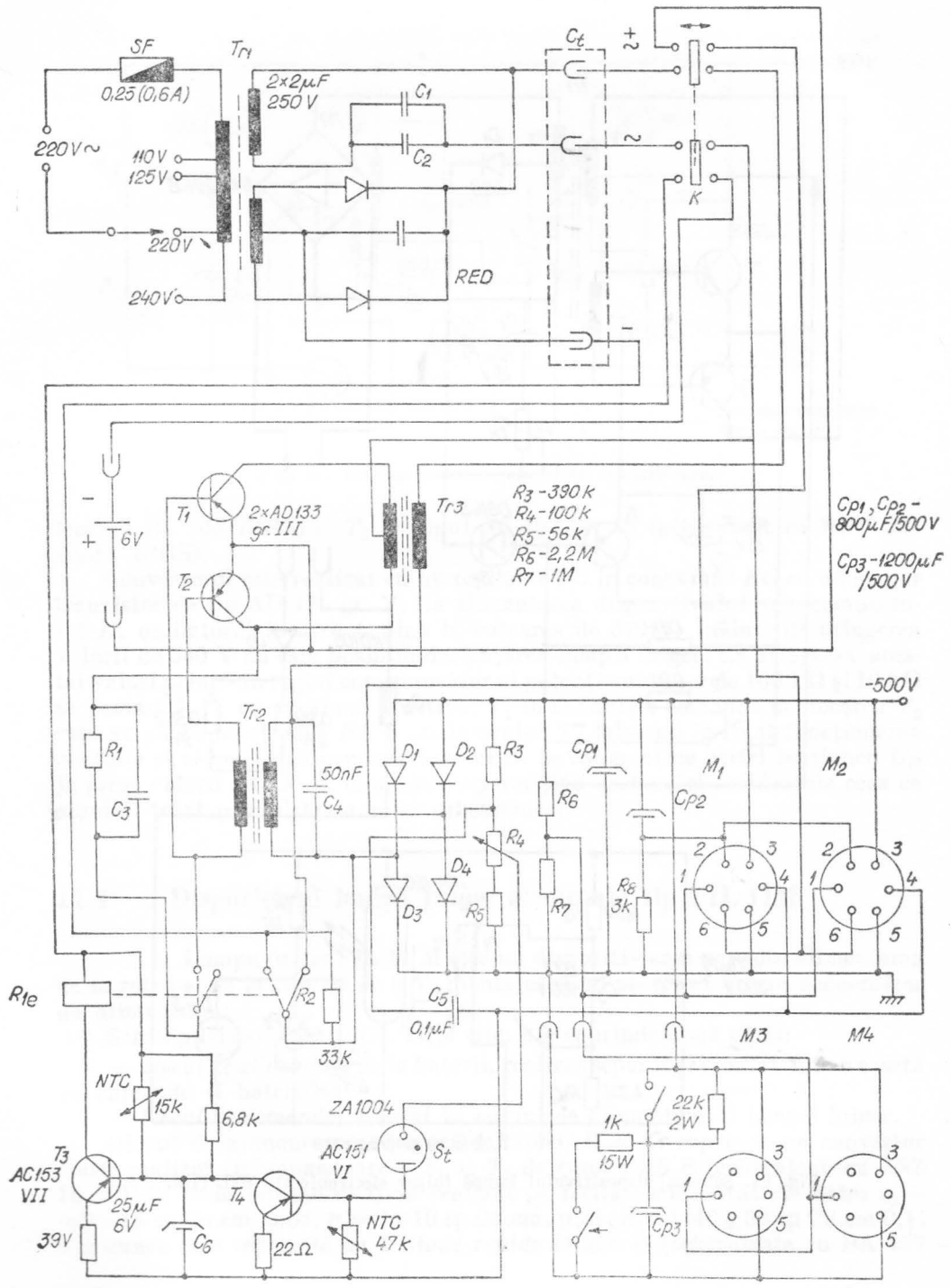
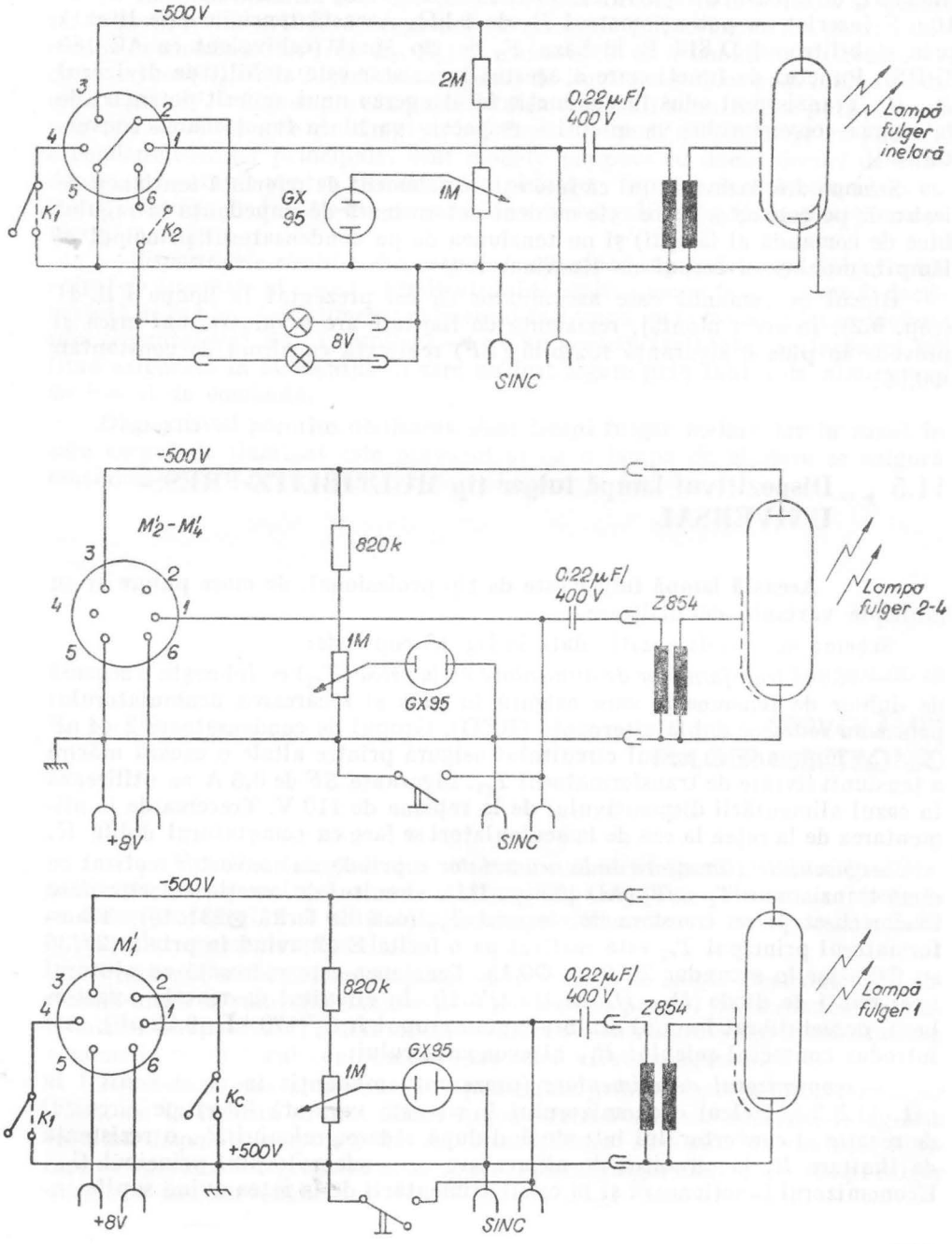


Fig. 85. Schema dispozitivului lampă fulger



electronic tip MULTIBLITZ-PRESS.

IPRS) fiind transmisă blocului de comandă printr-un cablu de alimentare. O parte din tensiunea înfășurării n_3 este redresată prin grupul format din dioda D_1 de tip D9 B (echivalent cu EFD 103 IPRS) și condensatorul C_1 de 10 μF înseriat cu potențiometrul R_3 de 1 kΩ. Această tensiune este livrată prin stabilitronul D 814 B în baza T_3 de tip Mπ41 (echivalent cu AC 180 IPRS). Punctul de funcționare a acestui tranzistor este stabilit de divizorul R_1, R_2. Tranzistorul adus în conducție la atingerea unui anumit potențial de la ieșirea convertorului va modifica respectiv va bloca funcționarea convertorului.

Schema are dezavantajul că folosește ca element de referință tensiunea de ieșire de pe convertor (care este evident determinată de impedanța întregului bloc de comandă al lămpii) și nu tensiunea de pe condensatorul principal al lămpii, montat în corpul de iluminare.

Blocul de comandă este asemănător cu cel prezentat la lampa FIL-41 (cap. 9.2). În acest montaj, rezistența de limitare are o valoare mai mică și prevede în plus o siguranță fuzibilă (*SF*) realizată cu sîrmă de constantan Φ0,06.

11.5 Dispozitivul lampă fulger tip MULTIBLITZ-PRESS-UNIVERSAL

Această lampă fulger este de tip profesional, de mare putere și cu multiple variante de utilizare.

Schema acestui dispozitiv dată în fig. 85 cuprinde:

— *blocul transformator de alimentare de la rețea* (T_{r1}) ce folosește o schemă de dublor de tensiune și care asigură în plus și încărcarea acumulatorului printr-un redresor dublă alternanță (RED). Grupul de condensatoare 2×4 μF (C_1, C_2) împreună cu restul circuitului asigură printre altele o ușoară mărire a tensiunii livrate de transformatorul T_{r1}. Siguranța *SF* de 0,6 A se utilizează în cazul alimentării dispozitivului de la rețeaua de 110 V. Trecerea de la alimentarea de la rețea la cea de la acumulatori se face cu comutatorul dublu *K*.

— *blocul de alimentare de la acumulator* cuprinde un convertor realizat cu două tranzistoare T_1 și T_2 (AD 133 gr. III), circuitul de reacție colector-bază fiind realizat pe un transformator separat T_{r3} (oală de ferită $\varnothing23\times18$). Transformatorul principal T_{r2} este realizat pe o ferită E 42 avînd în primar 2×36 sp Φ0,6 iar în secundar 2350 sp Φ0,15. Tensiunea este redresată cu ajutorul unei punți de diode D_1-D_4 de tip OY 10. În circuitul de reacție colector-bază, dezechilibrat în unul din brațe prin grupul R_1C_3 (120 kΩ, 0,22 μF), este introdus contactul releului R_{1e} al economizorului.

— *economizorul de alimentare* (prezentat amănunțit în acest capitol la pct. 11.3.2.), Releul economizorului în această variantă întrerupe circuitul de reacție al convertorului introducînd după căderea releului R_{1e} o rezistență de limitare R_2 în circuitul de alimentare al condensatorului principal C_{p1}. Economizorul funcționează și în cazul alimentării de la rețea avînd suplimen-

tar funcția de protecție la supratensiune a condensatorului C_{p1} respectiv C_{p2} și C_{p3}.

— *blocul de comandă al lămpii fulger* (număr director 42 la 18° DIN și durata fulgerului de 1/1000 s) cuprinde divizoarele potențiometrice pentru comanda economizorului (R_3, R_4, R_5) și rezistențele de alimentare a circuitului de amorsare (R_6, R_7). Conectarea corpului de iluminat se face prin intermediul unor mufe (M_1—M_4) ce prevăd posibilitatea comenzii simultane a patru lămpi fulger, fiecare pereche de lămpi avînd două regimuri de încărcare cu energie a condensatoarelor principale. Sînt modele echipate cu două blocuri de condensatoare și mufe pentru cîte două lămpi fulger. Se asigură astfel expuneri cu energii diferite în funcție de necesitățile concrete de lucru și de poziționarea lămpilor fulger.

— *dispozitivele electrice din corpul de iluminat* cuprind lampa fulger, circuitul de amorsare și circuitul indicatorului optic. Lampa fulger poate fi deconectată de la blocul de alimentare în cazul în care ea nu urmează să fie declanșată (comutatorul K_c). Lămpile 2—4 nu au această facilitate, declanșarea lor fiind asigurată în momentul în care au fost legate prin cablul de alimentare de blocul de comandă.

Dispozitivul permite utilizarea unei lămpi fulger inelare iar în cazul în care corpul de iluminat este prevăzut și cu o lampă de ghidare se asigură tensiunea de 8 V pentru funcționarea ei (bornele *5* și *6*).

CAPITOLUL 12

SERVOLĂMPI FULGER ELECTRONIC

Practica fotografică a impus, în condiții speciale de fotografiere, utilizarea cvasisimultană a mai multor lămpi cu fulger electronic. Aceasta se datorește faptului că subiectele nu sînt statice sau se dorește o economisire a timpului necesar expunerii.

Problema conectării mai multor echipamente de fulger electronic la o comandă unică se soluționa înainte prin punerea în paralel pe contactul de sincronizare al aparatului a mai multor cabluri de sincronizare sau se multiplicau comenzile cu ajutorul contactelor unui releu electromagnetic.

Rezolvarea acestor probleme se poate face prin acționarea lămpilor fulger direct de la lumina primei lămpi fulger sincronizate cu aparatul fotografic folosind dispozitive optoelectronice. Aceste lămpi care sînt sincronizate indirect cu aparatul fotografic se numesc servolămpi fulger electronic, lămpi fulger auxiliare sau servoblitz.

12.1 Principiul de funcționare a servolămpilor fulger

Orice tip de servolampă fulger utilizează pe lîngă de alimentator, blocul de comandă și economizor, un dispozitiv fotosensibil. Acesta, direct sau prin intermediul unei scheme mai complexe duce la amorsarea lămpii de care este atașat. Ca elemente fotosensibile se pot folosi fotodiode, fototranzistoare, fototiristoare sau celule fotovoltaice cu siliciu. Celelalte dispozitive optoelectronice ca fotocelulele cu seleniu sau fotorezistențele, avînd o reactivitate mai scăzută sînt mai puțin indicate.

Amorsarea propriu-zisă a tubului se face prin intermediul unui releu, tiristor sau chiar un tranzistor cu tensiune colector-emitor ridicată. Elementul fotosensibil va primi lumina direct sau reflectat de subiect, acționarea servolămpii fiind aproape instantanee cu a lămpii fulger primare. Timpii de comutare ai elementelor fotosensibile și ai montajului auxiliar de comandă sînt de ordinul zecilor de μs, fiind mult mai mici decît durata utilă a fulgerului primar (1/2000—1/500 s) respectiv a timpului de expunere (1/100—1/30 s).

Pentru a avea o mai mare libertate de acțiune servolămpile fulger sînt echipate de obicei cu sisteme proprii de alimentare de la baterii sau acumulator.

12.2 Servolampă fulger cu fototranzistor și releu

Acest model de servolampă fulger folosește ca element receptor al luminii fulger emise de lampa primară un fototranzistor de tip ROL 31. În lipsa unui astfel de element cu rezultate satisfăcătoare se poate utiliza și un tranzistor BC 109 B sau C căruia i se taie capsula și i se expun joncțiunile la lumină. Evident elementul va trebui înglobat într-un plastic transparent pentru protecție (fig. 86).

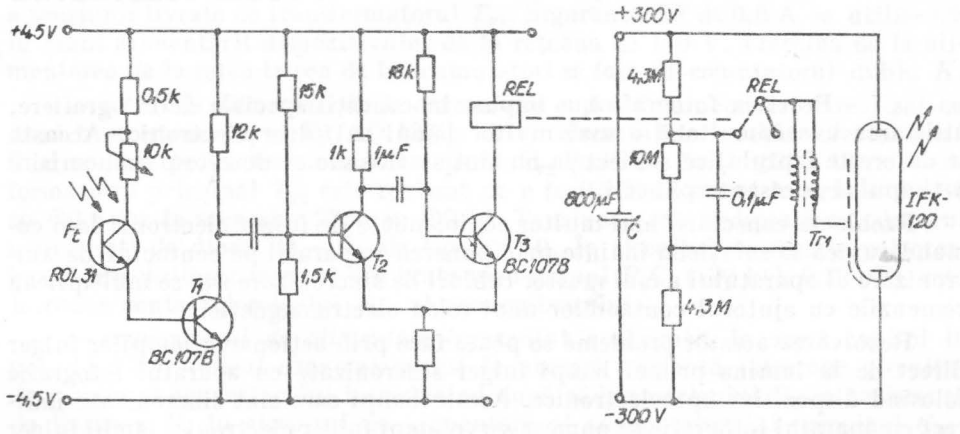


Fig. 86. Schema unei servolămpi fulger acționate cu releu.

Fototranzistorul F_t comandă tranzistorul T_1 care la rîndul lui produce bascularea monostabilului realizat cu T_2 și T_3. Cînd T_3, normal blocat, este adus în conducție, releul REL (de tip REED de 3,5 V) se acționează. Contactul lui se va conecta la cablul de sincronizare al lămpii fulger, producînd la comutare amorsarea lămpii fulger auxiliare.

Folosirea unui circuit monostabil este impusă de necesitatea prelungirii comenzii, constanta de timp a circuitului monostabil asigurînd acționarea releului și amorsarea servolămpii independent de durata fulgerului electronic ($T=0{,}69\ R_b \cdot C=0{,}69 \cdot 18\ \text{k}\Omega \cdot 1\ \mu\text{F}=13{,}6$ ms).

12.3 Servolampă fulger cu fototranzistor și tiristor

În acest caz recepția luminii emise de lampa fulger primară aduce în conducție fototranzistorul F_t de tip ROL 31. Impulsul pozitiv rezultat este transmis prin condensatorul C_t pe poarta tiristorului de comandă T_h. Lampa fulger prin încărcarea condensatorului C este pregătită iar T_h are asigurată tensiunea anodică prin divizorul rezistiv R_2, R_3, R_4 (fig. 87).

Tiristorul prin amorsare descarcă brusc condensatorul C_2, impulsul de tensiune fiind ridicat de transformatorul de impulsuri T_{r1} la o valoare suficientă pentru amorsarea lămpii fulger. Întregul echipament al lămpii fulger este cel prezentat la lampa FIL 41 (cap. 9.2). Stingerea T_h se face la descărcarea condensatorului C prin scăderea tensiunii anodice, durata impulsului de comandă fiind redusă la durata fulgerului primar. Timpii de comutație ai F_t și T_h sînt neînsemnați, astfel că declanșarea servolămpii este practic simultană cu cea a fulgerului primar.

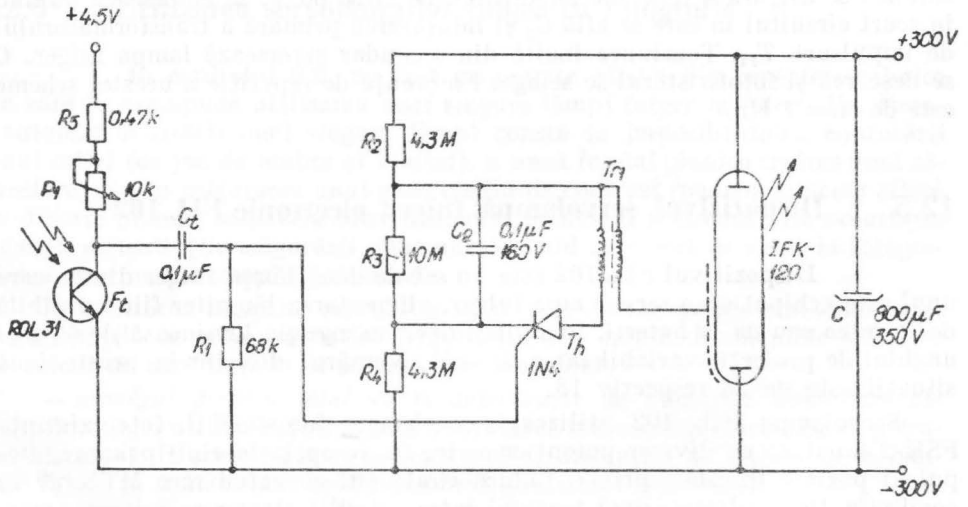


Fig. 87. Schema servolămpii fulger cu fototranzistor și tiristor.

12.4 Servolampă fulger cu fototiristor

Acest tip de servolampă utilizează un unic element fotosensibil, atît pentru comanda servolămpii cît și pentru amorsarea lămpii fulger (fig. 88).

Folosirea fototiristorului tetrodă BPX 66P, care reunește aceste două funcții, simplifică mult schemele. La recepția luminii lămpii primare, T_{ht},

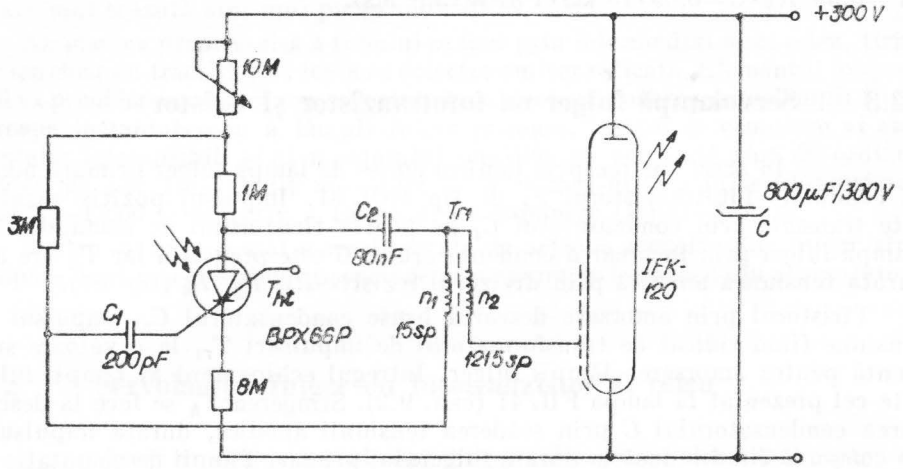


Fig. 88. Schema servolămpii cu fototiristor.

căreia i se asigură o tensiune anod-catod de circa 60 V, se amorsează punînd în scurt circuitul în care se află C_2 și înfășurarea primară a transformatorului de impulsuri T_{r1}. Tensiunea înaltă din secundar amorsează lampa fulger, C se descarcă și fototiristorul se stinge. Frecvența de repetiție a acestei scheme este de circa 1 Hz.

12.5 Dispozitivul servolampă fulger electronic FIL 102

Dispozitivul FIL 102 este un set de două lămpi fulger dintre care unul este echipat cu o servolampă fulger, alimentarea lămpilor fiind posibilă de la rețea sau de la baterii. Lămpile fulger au energia luminoasă de 68 J și unghiul de proiecție variabil între 30—85°. Numărul director în aceste două situații este de 28 respectiv 18.

Servolampa FIL 102 utilizează ca element fotosensibil, fotorezistența FSK-2 montată ca divizor potențiometric. La recepția luminii primare, impulsul pozitiv transmis prin C_2 aduce tiratronul cu catod rece MTX 90 în conducție. Prin aplicarea unei tensiuni între catod și starter se asigură amorsarea tiratronului la o tensiune mai mică decît $U_{apr\ max}$ (170 V). Tiratronul

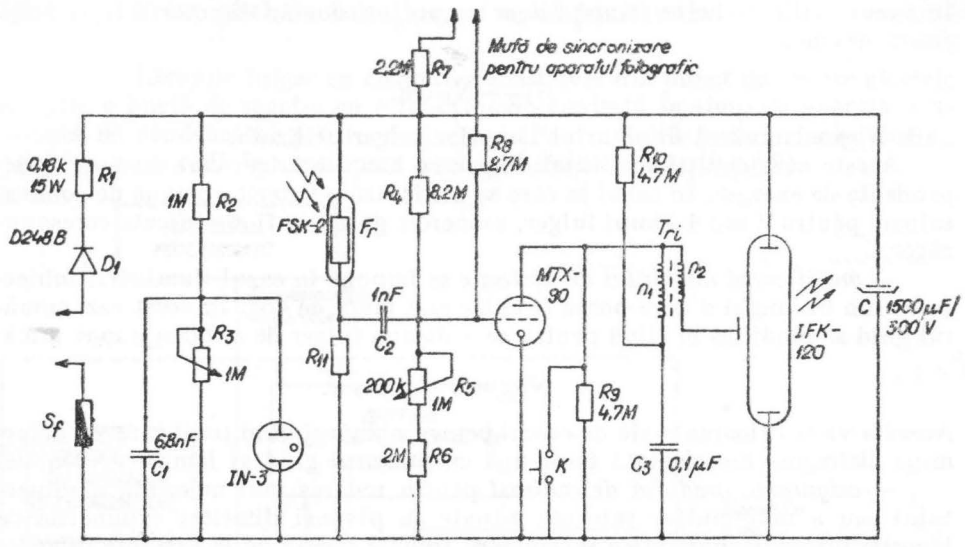


Fig. 89. Schema dispozitivului servolampă fulger FIL 102.

șuntează grupul format din C_3 și primarul transformatorului T_{ri}. Schema de amorsare a lămpii este în continuare identică cu cea a seriei lămpilor FIL. Potențiometrul R_5 permite reglarea sensibilității la iluminare a întregului montaj.

12.6 Utilizarea servolămpilor fulger în fotografie

În capitolul 9.6. au fost prezentate cîteva din aspectele tehnice pe care le presupune utilizarea unei singure lămpi fulger în fotografie. Dezavantajele utilizării unei singure lămpi constă în imposibilitatea conturării unui relief (ca joc de umbre și lumini), a unui fundal (pentru crearea unei atmosfere) sau în asigurarea unui grad mediu de contrast (pentru subiecte aflate în diverse planuri respectiv între subiectul principal și fundal). La aceasta se adaugă dificultățile asigurării unui număr ghid suficient de mare la fotografierea unor medii complet întunecate.

În utilizarea lămpilor servoblitz toate aceste dezavantaje sînt eliminate, posibilitățile de redare artistică fiind mult mai ample. Elementele specifice de calcul de care trebuie să se țină însă cont sînt:

— *numărul director total* va fi determinat de numerele directoare ale lămpilor fulger utilizate, ținînd cont de scăderea intensității luminoase cu pătratul distanței. În acest fel dacă se consideră că distanțele de acțiune de la lămpile fulger la subiect sînt egale, numărul ghid total N_{FT} va fi:

$$N_{FT} = \sqrt{N_{F1}^2 + N_{F2}^2 + N_{F3}^2}.$$

În cazul utilizării unor lămpi fulger cu același număr director relația anterioară devine:

$$N_{FT}=N_F\sqrt{n},$$

unde n este numărul director al lămpilor fulger utilizate.

Aceste considerații sînt valabile pentru lămpile fulger care au surse independente de energie. În cazul în care se utilizează o baterie comună de condensatoare pentru 2 sau 4 lămpi fulger, numerele ghid vor fi modificate corespunzător.

— *modificarea unghiului de proiecție* se impune în cazul iluminării subiectului sub un unghi α care poate fi chiar mai mare de 45°. În acest caz numărul ghid se modifică el fiind pentru servolampa fulger de o valoare mai mică:

$$N_{Fsl}=N_F\cdot\sqrt{\cos\alpha}.$$

Aceasta va fi valoarea reală de calcul pentru numărul ghid total care va determina diafragma preselectată împreună cu numărul ghid al lămpii principale.

— *asigurarea gradului de contrast* pentru redarea mai nuanțată a subiectului sau a mai multor subiecte situate în planuri diferite; expunerile cu lămpile fulger primare și cu servolămpi trebuie făcute de la distanțe diferite. Contrastul este cu atît mai pronunțat cu cît distanțele sînt mai diferențiate. Modificarea gradului de contrast este legată tot de scăderea intensității luminoase cu pătratul distanței. Astfel la un raport de 1/2 între distanțele ce separă lampa primară respectiv servolampa de subiect, vor corespunde diferențe de grad de contrast în raport de 1/4. La aceste aprecieri trebuie să fie făcute corecții în cazul fotografierii sub un unghi de proiecție diferit, în sensul celor arătate anterior. Gradul de contrast poate fi mărit sau micșorat în procesul negativ sau pozitiv de prelucrare ulterioară, dar în dauna unei redări cît mai fidele.

CAPITOLUL 13

LĂMPI FULGER ELECTRONIC CU COMPUTER

Perfecționarea sistemelor de expunere cu fulgere electronice a avansat pînă la nivelul în care se face o reglare automată a energiei luminoase emise de lămpile fulger în funcție de lumina reflectată. Aceste tipuri de lămpi au intrat în literatura foto sub numele de lămpi fulger cu computer sau blitz cu computer, supralicitîndu-se o funcție de autoreglare, e adevărat destul de complexă, cu o titulatură analoagă cu a sistemelor de calcul de mare complexitate.

13.1 Principiul de funcţionare a dispozitivului

Lămpile fulger cu computer constituie din punct de vedere electric şi optic o buclă de reacţie cu o funcţionare limitată în timp de energia acumulată de condensator pentru declanşare. Pentru înţelegerea principiului de funcţionare se redă în continuare o schemă simplificată, (fig. 90).

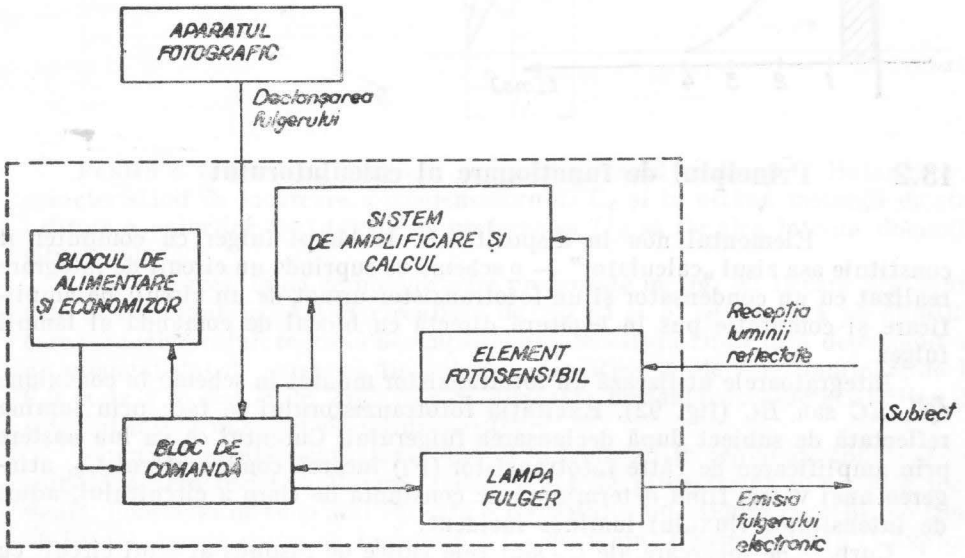


Fig. 90. Schema bloc a dispozitivului de lampă fulger cu computer

La declanşarea fulgerului electronic dată de contactul de sincronizare al aparatului fotografic, lumina emisă de lampă ajunge la subiect. O parte din lumină, în funcţie de capacitatea de reflexie a suprafeţei subiectului, este reflectată spre un element fotosensibil montat pe dispozitivul lămpii fulger. Mărimea semnalului dat de acest element, amplificat, va fi utilizat după prelucrare la stingerea lămpii fulger (prin intermediul blocului de comandă) mai devreme sau mai tîrziu funcţie de intensitatea luminii reflectate. În acest mod, descărcarea condensatorului principal va fi reglată pînă la o valoare care să asigure expunerea corectă a materialului fotosensibil de o anumită sensibilitate şi la anumite valori preselectate ale diafragmei. Practic se face o reglare a duratei utile a fulgerului, reducerea acestei durate pentru distanţe scurte faţă de subiect putînd fi pînă la 1/50 000 s.

Vizualizînd diagrama fluxului luminos emis de lampa fulger cu computer (fig. 91) ea apare ca o secţiune din diagrama duratei utile a fulgerului electronic (cap. 9.3.d.).

Rezultă că indiferent de depărtarea subiectului şi de capacitatea de reflexie a acestuia, expunerea materialului fotosensibil va fi constantă (cu condiţia să nu fie depăşite limitele impuse de numărul ghid al lămpii fulger şi care exprimă performanţele intrinseci ale dispozitivului).

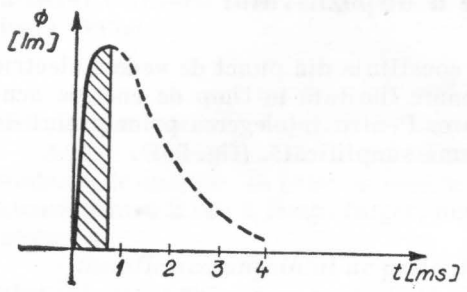


Fig. 91. Diagrama fluxului luminos emis de o lampă fulger cu computer.

13.2 Principiul de funcționare al calculatorului

Elementul nou în dispozitivele de lămpi fulger cu computer îl constituie așa zisul „calculator" — o schemă ce cuprinde un circuit de integrare realizat cu un condensator și un fototranzistor urmat de un circuit de amplificare și comutație pus în legătură directă cu blocul de comandă al lămpii fulger.

Integratoarele utilizează un fototranzistor montat în schemă în conexiune *CC*, *EC* sau *BC* (fig. 92). Excitația fototranzistorului se face prin lumina reflectată de subiect după declanșarea fulgerului. Curentul ce va lua naștere prin amplificarea de către fototranzistor (F_t) încarcă condensatorul C_c, atingerea unei valori fiind determinată de constanta de timp a circuitului, adică de intensitatea fluxului luminos incident.

Curbele de încărcare ale C_c sînt cele tipice de răspuns al unui circuit cu condensator pentru un semnal treaptă (fig. 93):

$$U_c = E(1 - e^{-t/\tau})$$

unde τ este constanta de timp a circuitului. Dacă constanta de timp a circuitului este mai mică, căderea tensiunii de comandă U_A este mai rapidă. Valorile t_1 și t_2 din curbele trasate vor fi în acest caz (cap. 10.2.):

$$t_1 = \tau_1 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{U_c}{E}} \qquad t_2 = \tau_2 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{U_c}{E}}$$

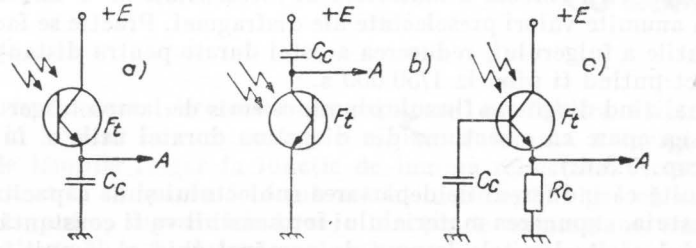
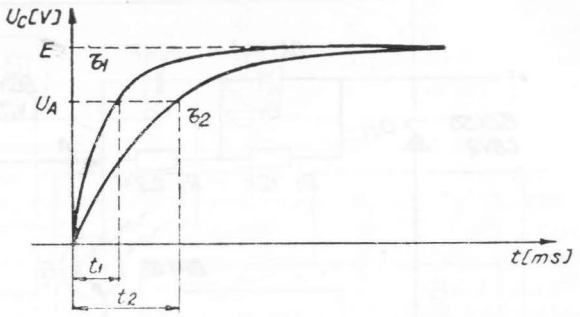


Fig. 92. Scheme de principiu pentru integratoare:
a — conexiune *CC*; *b* — conexiune *EC*; *c* — conexiune *BC*.

Fig. 93. Curbele de încărcare ale condensatoarelor.



Pentru a asigura un domeniu de variație rapid și de mare liniaritate a caracteristicii de încărcare a condensatorului C_c și în ultimă instanță de stabilitate a valorilor t_1 și t_2 este de preferat ca U_A să fie ales într-un domeniu situat sub $E/2$.

Din cele trei tipuri de integratoare prezentate în fig. 92 fiecare are avantaje și dezavantaje. Astfel circuitele de tip a) și b) se bazează pe amplificarea tranzistorului, factorul de amplificare a acestuia fiind însă dependent la un moment dat de curentul din colector. Modificările de β la iluminări de la 0,9 m la 4 m pot fi de 25% pentru dispersia normală a caracteristicilor de sensibilitate a unui lot de fototranzistoare.

Circuitul c) utilizează joncțiune *BC*, lucrează în regim de fotodiodă și asigură o caracteristică liniară, independent de intensitatea luminoasă incidentă. Constanta de timp mai ridicată a circuitului nu asigură domenii de timp mai mici, iar pe curba de încărcare a C_c domeniul tensiune poate fi exploatat doar pînă la limita tensiunii de deschidere a joncțiunii *BE*.

Extinderea acestui domeniu se poate face inseriind cu C_c o diodă rapidă (fig. 94). Fototranzistorul trebuie să fie de tipul cu bază accesibilă în exterior.

O schemă practică de integrator cuprinde în plus partea de alimentare stabilizată (cu o diodă Zener D_{z1}), rezistența R_2 de descărcare a C_c în intervalul dintre două declanșări și rezistența R_1 ce servește la liniarizarea caracteristicii întregului montaj în zona de origine a diodei D_1 (fig. 95). Din datele de catalog ale fototranzistorului BPY 62 se poate stabili că reglarea este posibilă în domeniul 1/25 000—1/1 000 s. Montajul este pregătit pentru o nouă funcționare, după stingerea lămpii fulger, la un interval de 40 ms. Stabi-

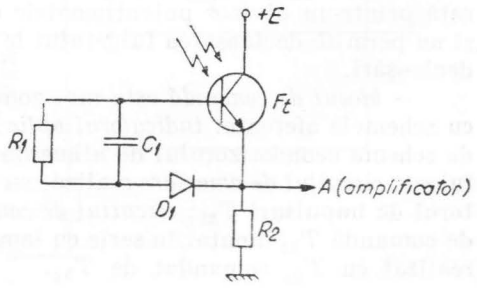


Fig. 94. Schema de integrare în conexiune *BC* îmbunătățită.

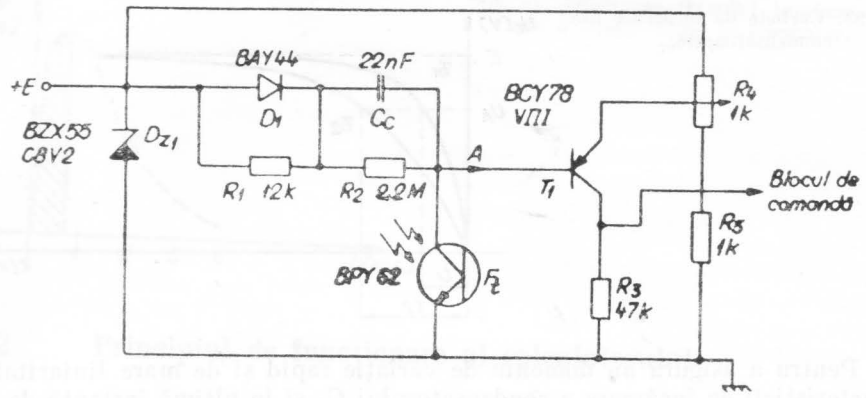


Fig. 95. Schema unui integrator cu fototranzistorul BPY 62.

lirea pragului de comandă se face potențiometric (R_4), în trepte ce țin cont de diafragma preselectată și de sensibilitatea filmului utilizat. Comanda elementelor din blocul de comandă se face în impulsuri pozitive, din colectorul tranzistorului T_1.

13.3 Dispozitivul lampă fulger cu computer

Pentru exemplificarea unei scheme complete de lampă fulger cu computer se prezintă un dispozitiv folosit la unul din tipurile de lămpi fulger MECABLITZ.

Schema dispozitivului dată în fig. 96 cuprinde următoarele blocuri funcționale:

— *blocul de alimentare* de la o baterie de 8 V, realizat cu un oscilator LC cu cuplaj colector-bază împreună cu economizorul de alimentare (acest montaj a fost prezentat pe larg în cap. 11.3, b).

— *calculatorul* ce cuprinde un fototranzistor F_t un amplificator și un tiristor de precomandă T_{h4}. Calculatorul, prezentat ca un model de integrator la pct. 13.2 al acestui capitol, va primi alimentare numai la declanșarea lămpii fulger. T_{h4} servește la comanda tiristorului de stingere T_{h3} și separă schema calculatorului de blocul de comandă. Tensiunea anodică a T_{h4} este asigurată printr-un divizor potențiometric direct de pe condensatorul principal C și nu permite declanșarea fulgerului la iluminarea accidentală a F_t între două declanșări.

— *blocul de comandă* este mai complex și cuprinde următoarele elemente cu schemele aferente: *indicatorul optic* realizat cu o lampă de neon (G_1) legat de schema economizorului de alimentare și de circuitul de amorsare a lămpii fulger; *circuitul de amorsare* realizat cu un tiristor T_{h1} ce comandă transformatorul de impulsuri T_{h1}; *circuitul de comandă* propriu-zis, realizat cu tiristorul de comandă T_{h2} montat în serie cu lampa fulger; *circuitul de stingere* al lămpii realizat cu T_{h3} comandat de T_{h4}.

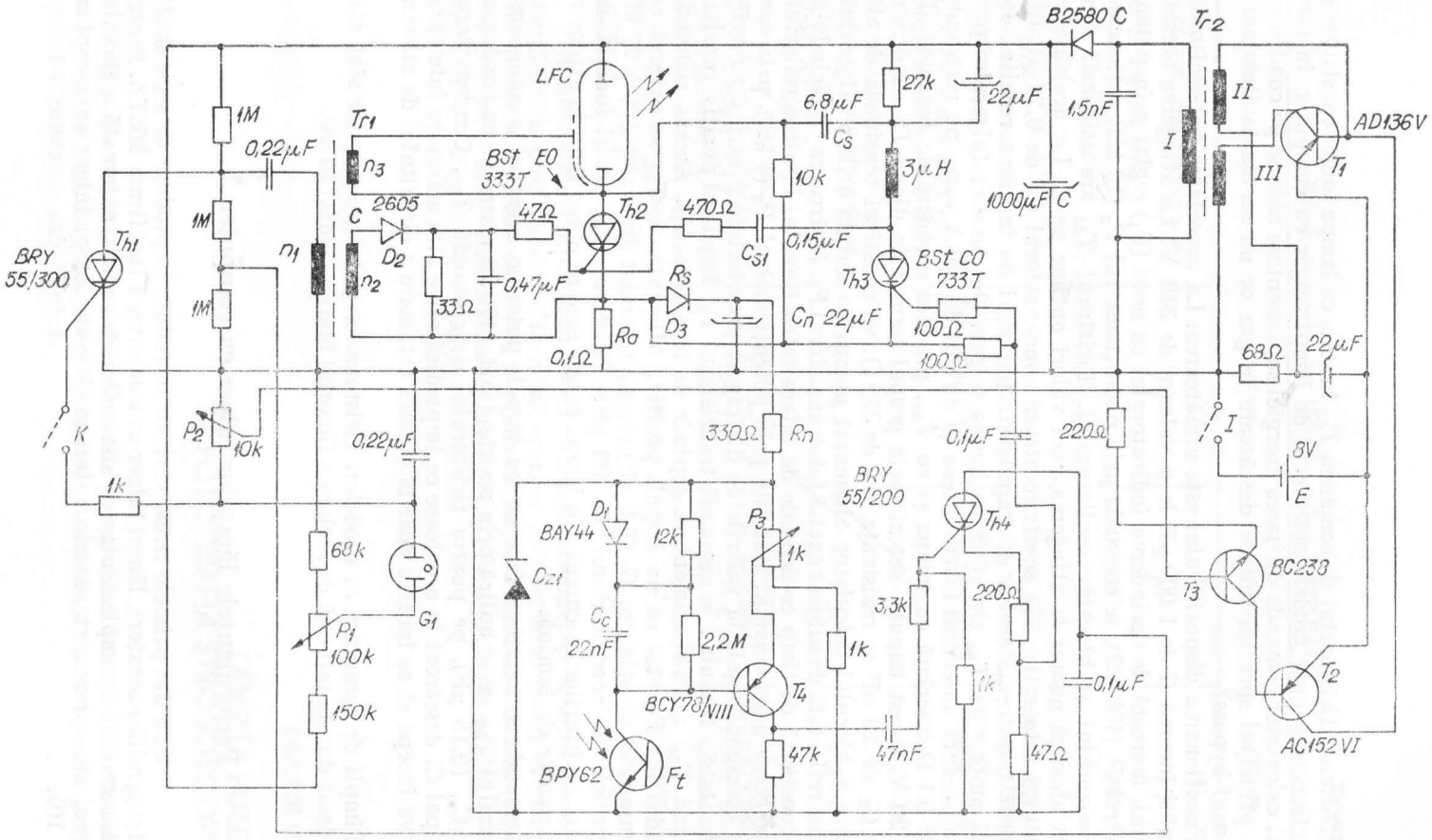


Fig. 96. Schema dispozitivului lampă fulger cu computer.

Montarea tiristorului de comandă T_{h2} în serie cu lampa fulger constituie o perfecționare a unor modele mai vechi de lămpi fulger cu computer în care blocul calculator comanda dirijarea energiei suplimentare rămase pe condensatorul principal spre un tub de descărcare în gaz ce nu servea la iluminare (sistemul bypass).

Funcționarea dispozitivului este următoarea: La conectarea bateriei oscilatorului încarcă C de 1 000 μF la o valoare de 340 V. La atingerea acestei tensiuni, marcată de aprinderea indicatorului cu neon (G_1) reglat prin potențiometrul P_1 (100 kΩ), se comandă prin potențiometrul P_2 (10 kΩ) acționarea economizorului și blocarea oscilatorului. Tiristorul T_{h1} are asigurată tensiunea anodică numai la atingerea unei valori optime pe C. La declanșarea aparatului fotografic, T_{h1} scurtcircuitează condensatorul C_a de 0,22 μF din primarul transformatorului de impulsuri. Impulsul de tensiune rezultat comandă amorsarea T_{h2} simultan cu lampa fulger. Descărcarea fulgerului prin lampă produce un curent foarte intens cu un vîrf de 200 A care, pe rezistența R_a de 0,1 Ω inseriată cu lampa și cu T_{h2}, produce o cădere de tensiune de circa 20 V. Acest impuls, netezit prin grupul format de dioda D_3 condensatorul C_n de 22 μF și rezistența R_n de 330 Ω, va constitui tensiunea de alimentare a blocului calculator alimentat numai pe durata utilă a fulgerului. Lumina reflectată de subiect excită fototranzistorul F_t, încărcarea C_c făcîndu-se cu o constantă de timp ce depinde de intensitatea fluxului luminos reflectat. La atingerea unei tensiuni stabilite prin potențiometrul P_3 (1 kΩ), prin care se fac corespondențele la valorile de diafragme preselectate pentru o anumită sensibilitate a filmului, se comandă tranzistorul T_4. Impulsul pozitiv rezultat comandă T_{h4}, a cărui alimentare depinde de tensiunea U_C. Acesta comandă la rîndul lui T_{h3}, tot cu un impuls pozitiv. Alimentarea T_{h3} se asigură cu condensatorul de stingere C_s (6,8 μF) și grupul format din rezistența de 27 kΩ în paralel cu condensatorul de 22 μF. Tiristorul T_{h3} are și funcția de limitare a vîrfurilor de curent din lampa fulger care ar putea duce la expuneri foarte scurte de lumină.

Comanda stingerii se face cu un impuls puternic negativ, la amorsarea tiristorului T_{h3}, ce se aplică prin rezistența R_s (470 Ω) inseriată cu condensatorul C_{s1} (0,15 μF), pe poarta tiristorului de comandă T_{h2}. Condensatorul principal C, descărcat la o valoare ce impiedică orice altă amorsare intempestivă, va începe să se încarce doar la o nouă acționare a circuitului de alimentare.

Timpii de comutare ai diodelor, tiristoarelor și tranzistoarelor sînt mai mici decît durata minimă de reglare a fluxului luminos emis (40 μs).

13.4 Performanțele lămpilor fulger cu computer

Una din primele firme care au introdus, ca produse de serie destinate fotografilor amatori, lămpi fulger cu computer a fost firma METZ. Pentru a vedea stadiul de implementare a sistemelor de reglare automată a fluxului luminos, sînt prezentate datele a trei modele de lămpi fulger cu computer (tab. 10).

Tabelul 10

Datele de catalog ale lămpilor fulger MECABLITZ

Caracteristici	25BCT2	34BCT2	45CT1NC
Numărul ghid la 21° DIN	25	34	45
Unghiul de proiecție orizontal	58°	60°	65°
Unghiul de proiecție vertical	45°	46°	46°
Număr de diafragme automate	2	3	5
Diafragmele automatizate la 21°DIN	5,6 – 11	2,8 – 5,6 – 11	2,8 – 4 – 5,6 – 8 – 11
Durata fulgerelor	1/600 – 1/20 000 s	1/500 – 1/40 000 s	1/300 – 1/25 000 s
Alimentarea	rețea și acumulator 6 V	rețea și acumulator 6 V	rețea și acumulator 9 V
Intervalul dintre două declanșări cu alimentare de la acumulator	0,5 – 6 s	0,3 – 7 s	0,3 – 7 s
Intervalul dintre două declanșări cu alimentare de la baterii	0,5 – 9 s	0,3 – 10 s	0,3 – 13 s
Durata încărcării acumulatorului	–	–	4 ore
Temperatura de culoare	5 600°K	5 600°K	5 600°K
Dimensiunile de gabarit	11 × 68 × 53 mm	115 × 40 × 100 mm	247 × 92 × 102 mm
Greutatea fără baterii	210 g	370 g	950 g cu baterii
Tipul reflectorului	fix	fix	rabatabil 360°
Număr de declanșări cu alimentare de la acumulator	1 800	1 200	2 000
Număr de declanșări cu alimentare de la baterii	4 000	1 600	2 600

Din aceste modele ultimul 45 CT 1 NC profesional se montează pe șină rabatabilă cu posibilitatea eliminării erorilor de paralaxă. Acest model permite atașarea de filtre colorate, reglarea manuală a duratei fluxului luminos emis precum și încărcarea acumulatorului atașat. Se recomandă pentru macrofotografii și fotografii cu teleobiectiv.

CAPITOLUL 14

LĂMPILE FULGER ÎN FOTOGRAFIA STROBOSCOPICĂ

Nu rareori, în cadrul saloanelor fotografice, la expoziții sau în cadrul unor reclame, se pot urmări fotografii care redau prin mai multe imagini succesive mișcarea subiectului.

Dacă fotografia dinamică, ultrarapidă, a unor mişcări cu viteze mari de desfăşurare constituie apanajul unor tehnici speciale, referinţele ce urmează sînt pentru fotografii executate pe un singur cadru cu o frecvenţă de 1—20 imagini pe secundă, posibile de realizat cu lămpi fulger electronice şi aparatură uzuală amatorilor. Deoarece principiul are legătură cu sistemele stroboscopice de mărire a frecvenţei imaginilor se foloseşte această titulatură, poate puţin pretenţioasă, de fotografie stroboscopică multi-flash.

14.1 Principiul de funcţionare a lămpilor fulger în fotografia stroboscopică

Realizarea fotografierii proceselor rapide este posibilă în primul rînd prin utilizarea unor obturatoare rapide. Obturatoarele aparatelor de fotografiat permit expuneri de minimum 1/2 000 s iar lămpile fulger neprevăzute cu un sistem de reglare manuală sau automată a duratei fluxului luminos au cam acelaşi ordin de mărime. Evident că nu se poate acţiona în sensul micşorării duratei obturatoarelor sub limita lor minimă. Rămîne o singură posibilitate, cea a iluminării succesive, rapide a subiectului, prin intermediul unor fulgere electronice de durate şi energii mai reduse, livrate succesiv, cu o frecvenţă de pînă la 20 de fulgere pe secundă. Pentru mişcările uzuale care ne pot preocupa, dintre care cele sportive sînt deosebit de spectaculoase, o frecvenţă de 2—6 fulgerări pe secundă este satisfăcătoare. Aceste consideraţii sînt făcute în vederea adaptării unor lămpi fulger obişnuite pentru declanşări repetate de fulgere, efectuate cu modificări minime şi adaptabile la gama timpilor de expunere ai obturatoarelor normale de la aparatele fotografice destinate amatorilor.

Principial o lampă fulger stroboscopică (*LFS*) este asemănătoare cu o lampă fulger (*LF*) dar cuprinde în plus un sistem de declanşare repetată care permite emiterea unor fulgere electronice (*FE*) succesive, pe durata fotografierii (fig. 97). Sistemul de declanşare repetată acţionează asupra transformato

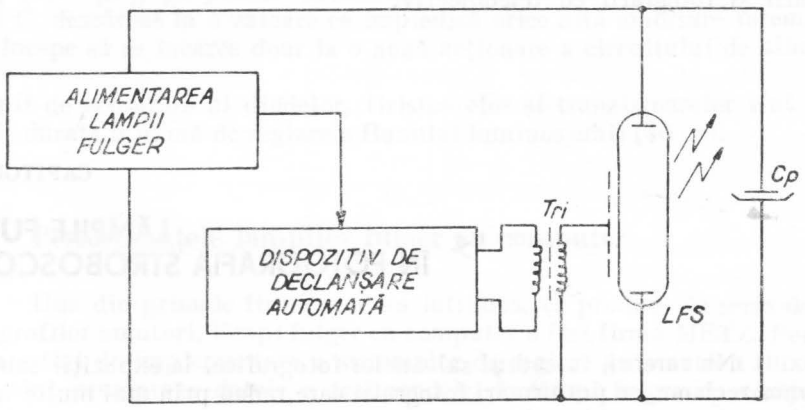


Fig. 97. Schema de principiu a lămpii fulger stroboscopice.

rului de impulsuri (T_{ri}) pentru amorsarea *LF*. Condensatorul C_p este astfel ales încît în intervalul dintre două declanşări să se încarce la o tensiune apropiată de cea a sursei de alimentare. Sistemul de alimentare a *LF* va alimenta şi dispozitivul de declanşare repetată, deci se va pune în corespondenţă funcţionarea declanşării repetate cu asigurarea tensiunii de aprindere a lămpii (U_{apr}).

14.2 Tipuri de lămpi fulger stroboscopice

Schema *LFS* diferă de cea a unei *LF* obişnuite nu numai prin dispozitivul de declanşare repetată ci şi prin energiile vehiculate. Întregul sistem poate lucra autonom odată cu alimentarea LFS şi în acest caz el poate fi folosit ca o baliză optică sau avertizor. Pus în dependenţă directă cu aparatul de fotografiat dispozitivul de declanşare repetată va funcţiona numai pe durata efectuării fotografiei. Se lucrează pe poziţiile *B*, *T* sau cu timpi foarte lungi de expunere (0,5—5 s).

14.2.1 Lampă fulger stroboscopică alimentată de la reţea

În cazul alimentării de la reţea a *LFS* condensatorul C_1 se va încărca în funcţie de capacitatea aleasă în timp de 50 ms—200 ms, durată în care se atinge o valoare suficientă pentru amorsarea *LFS*. (fig. 98).

Condensatorul C_2 din circuitul de amorsare a *LF* se va regla prin potenţiometrul P_1 la o valoare care să depăşească tensiunea eclatorului KAS 02 (210 V). Circuitul este astfel pregătit pentru declanşare, ceea ce se produce la închiderea contactului K_1 de sincronizare a aparatului fotografic (eventual ma-

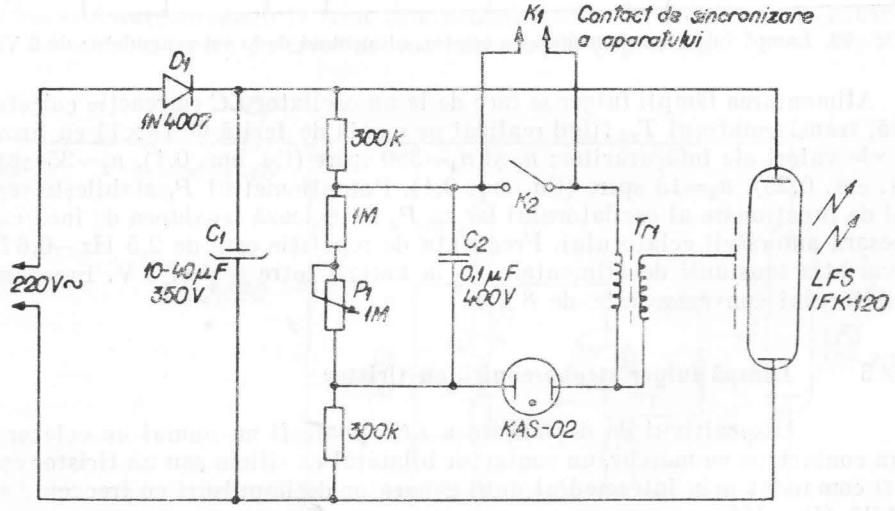


Fig. 98. Lampă fulger stroboscopică cu eclator, alimentată de la reţea.

nual cu K_2 pentru verificări). La eclatare prin T_{r1} se amorsează LF, C_1 se descarcă şi procesul se reia pînă cînd se atinge din nou tensiunea de eclatare. Sistemul va funcţiona pe durata menţinerii contactului de sincronizare al aparatului. Frecvenţa stroboscopică poate fi modificată fin, din potenţiometrul P_1 şi grosier, prin schimbarea C_1, în limite de la 20 Hz la 5 Hz.

14.2.2 Lampă fulger stroboscopică cu alimentarea de la baterie

Analog situaţiilor practice de utilizare a LF normale, cele stroboscopice se impun şi ele să fie realizate cu alimentare de la baterii sau acumulatoare. Dezavantajul constă în faptul că sistemele de alimentare de la baterii, avînd rezistenţa internă mai mare, frecvenţa stroboscopică va fi mai redusă şi va fi influenţată de tensiunea bateriei, în sensul micşorării ei, odată cu descărcarea acesteia (fig. 99).

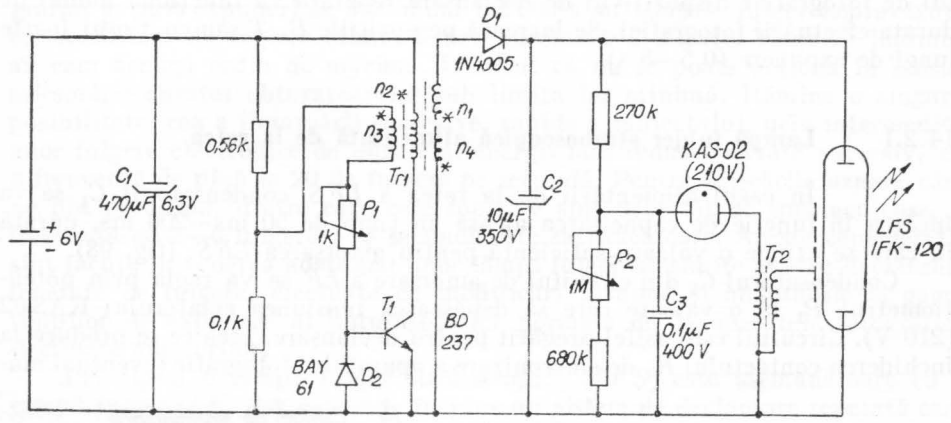


Fig. 99. Lampă fulger stroboscopică cu eclator, alimentată de la un acumulator de 6 V.

Alimentarea lămpii fulger se face de la un oscilator LC cu reacţie colector-bază, transformatorul T_{r1} fiind realizat pe o oală de ferită Φ 18×11 cu următoarele valori ale înfăşurărilor; n_1 şi n_4=350 spire (Cu. em. 0,1), n_2=35 spire (Cu. em. 0,25), n_3=13 spire (Cu. em. 0,1). Potenţiometrul P_1 stabileşte regimul de funcţionare al oscilatorului iar cu P_2 se reglează tensiunea de încărcare necesară amorsării eclatorului. Frecvenţa de repetiţie este de 2,5 Hz—0,6 Hz la variaţia tensiunii de alimentare de la baterii între 6 V şi 3 V. Frecvenţa oscilatorului convertor este de 8 kHz.

14.2.3 Lampă fulger stroboscopică cu tiristor

Dispozitivul de declanşare a LFS poate fi nu numai un eclator ci şi un contactron cu mercur, un contactor bilateral cu siliciu sau un tiristor care va fi comandat prin intermediul unui generator de impulsuri cu frecvenţă reglabilă (fig. 100).

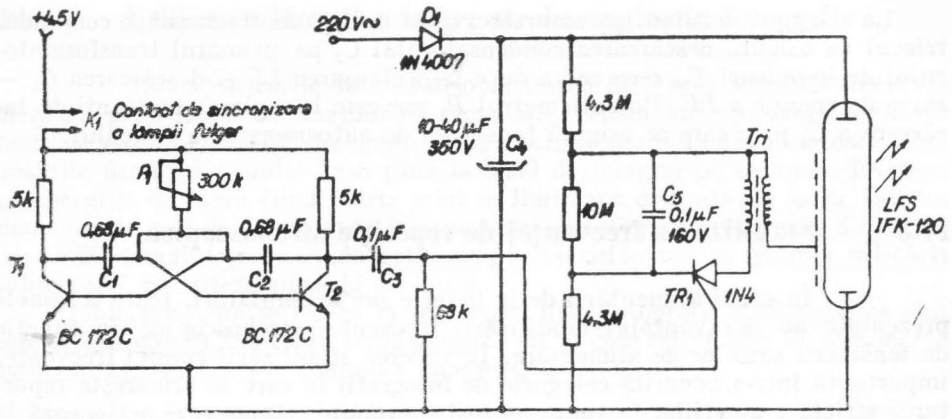


Fig. 100. Lampă fulger stroboscopică cu tiristor.

Generatorul de impulsuri este realizat cu un multivibrator a cărui alimentare este pusă în dependență cu contactul de sincronizare al aparatului fotografic. Frecvența de repetiție stroboscopică va fi reglată prin P_1 de polarizare comună a celor 2 tranzistoare. Montajul lucrează la o tensiune de 4,5 V, în schemă nefiind figurată partea de alimentare a *LF* de la baterie. Frecvența de repetiție trebuie pusă în dependență cu durata de încărcare a C_4 de 10—40 µF, determinată de rezistența internă a convertorului folosit.

14.2.4 Lampă fulger stroboscopică cu triac

Ca și tiristorul, triacul se amorsează la depășirea unei anumite tensiuni anodice, indiferent de polaritatea acesteia, dar spre deosebire de tiristor, această autoamorsare la triac este nedistructivă. În acest mod realizarea unei *LF* stroboscopice cu triac devine mai simplă (fig. 101).

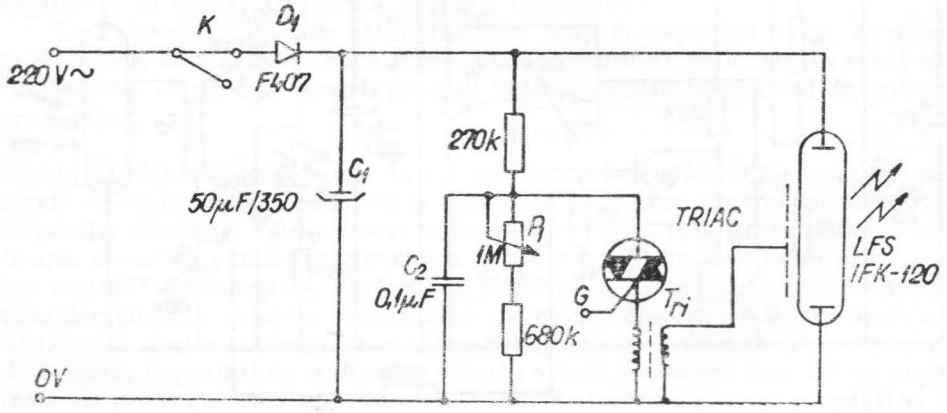


Fig. 101. Lampă fulger stroboscopică cu triac.

La atingerea tensiunii de amorsare, chiar în lipsa unui semnal de comandă, triacul va asigura descărcarea condensatorului C_2 pe primarul transformatorului de impulsuri T_{r1} ceea ce va duce la declanşarea LF şi descărcarea C_1 — sursa de energie a LF. Potenţiometrul P_1 serveşte la reglarea tensiunii de încărcare a C_2 prin care se asigură tensiunea de autoamorsare a triacului.

14.3 Stabilizarea frecvenţei de repetiţie stroboscopică

În cazul alimentării de la baterie sau acumulatori, toate schemele prezentate au dezavantajul modificării frecvenţei stroboscopice în funcţie de tensiunea surselor de alimentare. În vederea stabilizării acestei frecvenţe, importantă într-o anumită categorie de fotografii în care se urmăreşte raportarea strictă a poziţiilor în timp, au fost concepute scheme care acţionează la nivelul alimentării de la convertor a LFS (fig. 102).

Stabilizarea frecvenţei stroboscopice se realizează prin comanda amplificatorului de reglaj format din tranzistoarele T_2, T_3, T_4 direct din circuitul de declanşare a LF prin condensatorul de integrare C_4 şi rezistenţa de 220 kΩ. Ultimul tranzistor al amplificatorului, T_4, comandă direct oscilatorul realizat cu T_1 astfel că independent de tensiunea de alimentare, încărcarea condensatorului C_2 să se facă aproximativ în aceleaşi timp, adică frecvenţa stroboscopică să rămînă constantă.

Pentru montajul figurat variaţia frecvenţei este de la 0,47 la 0,58 Hz pentru tensiuni de alimentare între 6 V şi 3,5 V. Transformatorul T_{r1} este realizat pe miez de ferită E 20 cu următoarele date de înfăşurări; $n_1=n_4=362$ spire (Cu. em. 0,1), $n_2=29$ spire (Cu. em. 0,35), $n_3=22$ spire (Cu. em. 0,1). Lampa fulger este de tip CG 3230 Heimann cu o durată mare de funcţionare în regim de lucru stroboscopic (100 000 de acţionări).

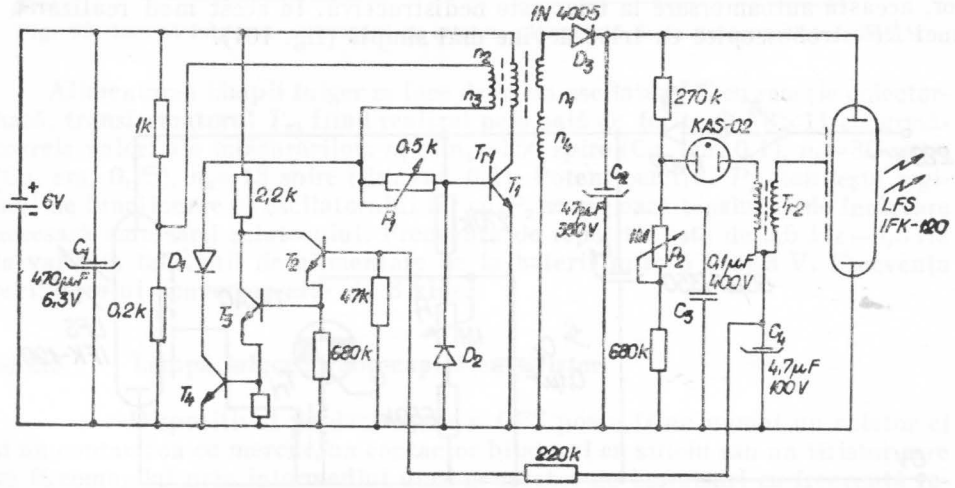


Fig. 102. Schema de lampă fulger cu stabilizarea frecvenţei stroboscopice.

14.4 Utilizarea lămpilor fulger stroboscopice în fotografie

Exemplificările date de dispozitive cu *LFS* s-au referit la frecvenţe mergînd pînă la 20 de imagini pe secundă. Aceasta nu reprezintă o limită tehnică, chiar pentru *LF* destinate amatorilor, cu montaje asemănătoare fiind posibile declanşări multi-flash pînă la 5000 de imagini pe secundă. Evident că energiile de lucru fiind foarte mici se limitează distanţa de lucru într-un domeniu de zeci de centimetri. Pentru practica fotografului amator domeniul de 1—20 imagini pe secundă este complet satisfăcător la redarea mişcării subiectelor cu viteze pînă la 50 km/h.

Problemele care se ridică la realizarea unei fotografii stroboscopice sînt cele referitoare la frecvenţa stroboscopică cît şi cele referitoare la iluminarea subiectului, respectiv a fondului imaginii.

a) *Frecvenţa stroboscopică.* Pentru o redare corectă a subiectului în mişcare se impune, pentru o bună definiţie a succesiunii imaginilor, ca ele să fie separate net (într-o fotografie artistică se poate specula tocmai negarea acestei necesităţi). Ţinînd cont de viteza de deplasare v şi de dimensiunea subiectului pe direcţia mişcării l, frecvenţa maximă stroboscopică admisă va fi:

$$f_{s\,max} = \frac{v}{1{,}25 \cdot l} \text{ imagini/secundă.}$$

În acest caz, imaginile vor fi departajate cu 25% din dimensiunea subiectului în sensul mişcării. Cunoscînd dimensiunile cadrului L şi viteza subiectului se poate stabili şi numărul de imagini stroboscopice necesare:

$$N_i = \frac{\frac{L}{v}}{1{,}25\,\frac{l}{v}} = \frac{L}{1{,}25 \cdot l} \text{ imagini.}$$

În sensul celor arătate, pentru o expunere corectă, durata fulgerului se neglijează în raport cu durata mişcării subiectului.

Limitările sînt date de utilizarea unui timp de expunere redus, de minimum 1/25 s, care asigură deschiderea totală a cadrului peliculei (în cazul obturatoarelor cu perdea), timpii practici indicaţi pentru lucru fiind de ordinul secundelor.

b) *Iluminarea subiectului.* În fotografia stroboscopică fiind vorba de subiecte dinamice, teoretic ele vor fi iluminate de fulgere electronice succesive, în poziţii distincte. În acest caz, redarea subiectului în mişcare impune utilizarea corectă a numărului director a *LFS* (la o *LF* normală, modificată pentru sinteză stroboscopică, evident că numărul director va fi altul). Aceste consideraţii sînt valabile atunci cînd nu există modificări foarte mari ale distanţelor dintre subiectul în mişcare şi *LFS*, ceea ce ar necesita corecţii de diafragmă, imposibil de realizat la această viteză. Folosirea unei *LF* cu unghi mare de proiecţie, care luminează suficient de uniform cîmpul imaginii şi în profunzime, va atenua crearea unor densităţi optice mult diferite pentru pozi-

ţiile succesive ale subiectului în mişcare. Utilizarea unui reflector pentru fulgere care să urmărească mişcarea subiectului poate fi de asemenea o soluţie acceptabilă.

Un alt mod de compensare ar fi utilizarea iniţială a unei uşoare supraexpuneri printr-o deschidere mai mare a diafragmei decît cea impusă de numărul ghid a *LFS*.

În sfîrşit, o situaţie mai dificilă o constituie aceea cînd la subiectul în mişcare unele dintre părţi rămîn nemişcate. Tratarea acestor situaţii este asemănătoare cu cele pe care le ridică iluminarea fondului.

c) *Iluminarea fondului*. Fondul imaginii sau fundalul se constituie din elemente fixe care vor primi toate iluminările fulgerelor succesive. Pentru a influenţa cît mai puţin imaginea, acest fond trebuie să fie de culoare închisă, mat şi dispus cît mai departe de subiect. Poziţionarea *LF* sub un anumit unghi faţă de fundal este avantajoasă, din practică fiind ştiut că o suprafaţă neagră expusă la mai multe iluminări fulger ajunge să fie redată pe negativ sub forma unui cenuşiu închis.

Pentru a asigura o densitate a imaginii subiectului cu cel puţin 0,3 mai mare ca a fondului, se impune ca raportul dintre luminanţa subiectului şi a fondului să respecte următorul raport [21[:

$$\frac{L_s}{L_f} \geqslant (N_i - 1) \cdot 2^{1/\gamma},$$

unde L_s şi L_f sînt luminanţele subiectului şi a fondului, N_i numărul de imagini stroboscopice (echivalent cu numărul de fulgere succesive) iar γ contrastul negativului.

CAPITOLUL 15

PRINCIPIUL DE ETALONARE ŞI VERIFICARE A LĂMPILOR FULGER

Prezentarea lămpilor fulger s-a făcut la nivel funcţional, de scheme electrice, în toate variantele de utilizare practică, luînd ca bază de calcul în stabilirea expunerii numărul ghid al lămpii fulger.

Înţelegerea modului în care se concepe determinarea numărului ghid permite verificarea performanţelor lămpilor fulger normale şi stroboscopice, respectiv etalonarea sau reetalonarea acestor dispozitive.

15.1 Stabilirea energiei radiante

În stabilirea caracteristicilor de expunere interesează în primul rînd stabilirea energiei radiante de lampa fulger. Această energie este legată de energia electrică acumulată de condensatorul principal (C) încărcat la o anumită tensiune (U).

$$W=\frac{1}{2}CU^2. \tag{1}$$

Pentru determinarea practică a energiei electrice înmagazinate de condensator se măsoară capacitatea reală folosind o punte de măsură. Valoarea tensiunii pe condensator se măsoară cu un voltmetru după încărcare la valoarea maximă a tensiunii de alimentare (o încărcare de minimum un minut). Astfel pentru lampa FIL 41, avînd practic un condensator de valoare de 650 μF (în loc de 800 μF cît este indicat pe condensator), la o încărcare la tensiunea de 270 V, valoarea energiei acumulate de condensator va fi:

$$W=\frac{1}{2}\cdot 650\cdot 10^{-6}\cdot 7{,}29\cdot 10^{4}=23{,}6\ \text{J}.$$

Această valoare peoate fi comparată cu datele de catalog ale lămpii FIL 41 care indică $W=32$ J, rezultat ce corespunde unui condensator de 800 μF încărcat la 300 V.

În acest caz energia radiantă și fluxul energetic corespunzător acestei energii emise pe durata definită a fulgerului electronic vor fi:

$$Q_e=\eta\cdot W \qquad (2) \qquad\qquad \Phi_e=\eta\cdot\frac{\mathrm{d}Q_e}{\mathrm{d}t}, \tag{3}$$

unde η este un coeficient ce ține cont de randamentul transferării energiei electrice în energie radiantă, respectiv indică utilizarea parțială a energiei electrice acumulate de condensator (nu se descarcă integral).

Practic interesează efectul acestei energii asupra peliculei fotografice astfel că mărimile de lucru vor fi cele fotometrice ce țin cont de eficacitatea luminoasă K (definită în cap. 2.2, h):

$$\Phi=K\cdot\Phi_e=\eta\cdot K\cdot\frac{dQ_e}{\mathrm{d}t} \qquad\qquad \Phi=\frac{\eta\cdot K\cdot W}{t} \tag{4}$$

15.2 Principiul de calcul și verificare a numărului director

Calculul numărului director al lămpilor fulger electronic se face pornind de la calculul expunerii peliculei fotosensibile expusă detaliat în cap. 6.3, considerînd o radiație izotropă cu iluminare E medie.

$$H=\frac{\pi}{4}\cdot\frac{\rho\cdot E\cdot t}{N_\tau^2}, \tag{5}$$

unde H este expunerea luminoasă, ρ — coeficientul de reflexie al suprafeţelor subiectului şi fondului, t — timpul de expunere (coincide cu durata utilă a fulgerului) iar N — indicele fotometric de deschidere al diafragmei.

Expresia care defineşte numărul director al unei lămpi fulger este:

$$N_F = N_\tau \cdot d, \tag{6}$$

unde d este distanţa de la lampa fulger la subiect.

După cum s-a mai arătat, iluminarea E variază proporţional cu intensitatea sursei luminoase şi invers proporţional cu pătratul distanţei.

$$E = \frac{I}{d^2} \cdot \cos \alpha, \tag{7}$$

unde d este distanţa iar α — unghiul format de direcţia sursei luminoase şi cea a axului optic al obiectivului de fotografiat. Înlocuind expresiile (6) şi (7) în (5) rezultă:

$$H = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\rho \cdot I \cdot t \cdot \cos \alpha}{N_F^2}. \tag{8}$$

Conform relaţiei definite în capitolul 2.2.a.

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \tag{9}$$

rezultă în continuare valoarea expunerii, respectiv valoarea numărului director:

$$H = \frac{\pi}{4} \cdot \rho \cdot \frac{K \cdot W \cdot \cos \alpha}{N_F^2 \cdot d\Omega} \text{ (lx·s)} \qquad (10) \qquad N_F = \sqrt{\frac{\pi \cdot \rho \cdot K \cdot \cos \alpha}{4 \cdot H \cdot d\Omega}} \text{ (m)}. \tag{11}$$

În concluzie, numărul director este o mărime ce depinde în primul rînd de energia lămpii fulger, de caracteristicile acesteia (η randament electric, K randamentul luminos, $d\Omega$ unghiul solid sub care emite lampa fulger) şi de caracteristica de sensibilitate a filmului. Ca exemplificare la lampa FIL 41 avînd $\rho = 0{,}25$, $\eta = 0{,}3$, $K = 35$ lm/w (3), $W = 23{,}6$ J, $\cos \alpha = 1$, $H_R = 0{,}2$ lx·s $= 0{,}2 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \cdot$ s (pe baza consideraţiilor făcute în cap. VI. 3 şi IX. 4. c), pentru un film de 19° DIN-65 GOST, la un unghi solid $d\Omega = 1$sr rezultă:

$$N_F = \sqrt{\frac{3{,}14 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}3 \cdot 35 \cdot 23{,}6}{4 \cdot 0{,}2 \cdot 1}} = 15{,}5 \text{ m},$$

valoare care este foarte apropiată de cea indicată în prospectul lămpii fulger ($N_F = 16$ m). Pe baza acestei valori, cunoscînd că $N_F = N_\tau \cdot$ d, se pot stabili diafragmele N_τ pentru diferite distanţe de fotografiere şi se poate verifica dacă această corespondenţă este respectată şi de indicaţiile calculatorului lămpii fulger. Consideraţiile de calcul de aici sînt valabile şi în cazul lămpilor stroboscopice.

15.3 Corelația calculului numărului director cu sensibilitatea filmului

În exemplificarea de calcul arătată la punctul anterior s-a stabilit valoarea expunerii de referință H_R=0,2 lx·s pentru un film cu sensibilitatea de 19°DIN. Calculele numerelor directoare pentru alte senbibilități se fac pe baza curbelor caracteristice ale filmelor respective fixînd punctul de referință H_R conform considerațiilor făcute la etalonarea exponometrelor (cap. 6.3 și 4) cu o modificare care ține cont de abaterea de la legea reciprocității în cazul expunerilor de scurtă durată (cap. 9.4. c).

Modificările pe scara DIN vor fi la fiecare 3° DIN în plus sau minus de înjumătățire sau dublare a valorii de expunere de referință de 0,2 lx·s. Astfel, pentru un film de 16° DIN valoarea cu care se va opera în calculul numărului director va fi de 0,4 lx·s iar pentru un film de 22° DIN de 0,1 lx·s.

Pe calculatorul lămpii fulger se va verifica prin urmare dacă la o modificare cu ±3° DIN corespund modificări ale numărului director (ca produs între N_F și d), conform valorilor rezultate din calcul.

15.4 Exponometre pentru fulgere electronice

În cazul utilizării lămpilor fulger electronic, pentru a stabili expunerile corecte ale materialelor fotosensibile, au fost create exponometre speciale. Schema de principiu a unui astfel de exponometru cuprinde un element fotosensibil (celulă fotovoltaică, fototranzistor, fotodiodă) introdus în circuitul de încărcare al unui condensator C (fig. 103).

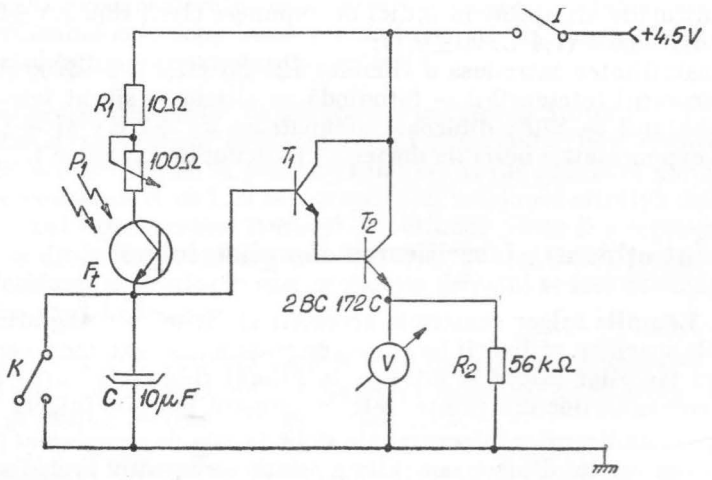


Fig. 103. Schema electrică de principiu a exponometrului pentru fulgere electronice.

Tensiunea rezultată din acțiunea de scurtă durată a fulgerului, repetată de un montaj Darlington cu impedanță mare la intrare sau de un tranzistor unijoncțiune, va comanda un instrument cu ac mobil (V) sau un convertor analog-digital în cazul unui afișaj digital.

Indicațiile exponometrului vor fi date în indici de expunere (EV) sau indici de diafragmă (N) prin intermediul unui „calculator" cu discuri asemănător cu cel de la exponometrele fotoelectrice normale sau direct calculat și afișat, la exponometrele electronice.

În general exponometrele pentru fulgere electronice sînt astfel concepute încît permit efectuarea măsurătorilor la declanșări succesive în sensul acumulării efectelor. Acest lucru este valabil pentru o singură lampă declanșată de mai multe ori sau pentru mai multe lămpi declanșate simultan. Exponometrul se poate cupla pentru o bună sincronizare cu lampa fulger ale cărei caracteristici urmează să fie măsurate.

Pentru montajul din fig. 103 pregătirea exponometrului pentru o nouă măsurătoare se face prin descărcarea condensatorului C cu ajutorul butonului K (rezistența joncțiunii CE a fototranzistorului neexpus la lumina fulger are o valoare finită care permite încărcarea falsă).

Modificarea indicațiilor exponometrului funcție de sensibilitatea peliculei se face la nivelul „calculatorului" cu discuri, la exponometrele obișnuite sau printr-un reglaj potențiometric la exponometrele electronice. Extinderea scalei, deci a indicilor de expunere, se face prin interpunerea unui filtru atenuator.

Pentru exemplificare se dau caracteristicile exponometrului de tip multifuncțional MINOLTA FLASH-METER III. Acest exponometru permite măsurarea și contorizarea fulgerelor multiple cu sau fără aport de lumină ambiantă, cu și fără sincronizare prin cablu cu lampa fulger, măsurarea integrală sau spotmetrică a luminii incidente sau reflectate precum și măsurători exponometrice normale:

— afișajul digital cu cristale lichide este menținut 60s după măsurare;
— indicațiile afișajului în indici de expunere (1 ... 18,2 EV$\pm$0,2) sau în indici de diafragmă (1,4 ... 90$\pm$0,1);
— sensibilitatea introdusă a filmelor 12—36 DIN (12—3200 ASA);
— elementul fotosensibil — fotodiodă cu siliciu — situat într-un cap de măsură rabatabil cu 270°; difuzoare atenuatoare de +2 EV și +3 EV;
— în exponometrie normală domeniul indicilor de expunere 1 ... 23,2 EV.

15.5 Întreținerea și verificarea lămpilor fulger

Lămpile fulger constituie accesorii ale tehnicii fotografice de care, în condițiile specifice utilizării lor, depinde reușita unei expuneri corecte. Prin întreținerea lămpilor fulger se înțelege în primul rînd respectarea instrucțiunilor și recomandărilor din prospectele ce însoțesc lămpile fulger.

Manipularea lămpilor fulger trebuie să fie lipsită de șocuri ce ar putea duce la spargerea geamului difuzor sau chiar a tubului, respectiv la desfacerea legăturilor electrice dintre piese. Tensiunea de alimentare trebuie respectată riscînd altfel să depășim tensiunea admisă pe condensatorul principal (utilizat de obi-

cei la limita tensiunii admise). Temperaturile normale de lucru sînt de —10 ... +40°C, ieşirea din această gamă avînd în primul rînd repercusiuni asupra performanţelor şi corectitudinii indicaţiilor date de numărul ghid al lămpii.

Menţinerea sub tensiune continuă de lungă durată (peste 30 de minute) a lămpii fulger fără procese de încărcare şi descărcare repetate, poate duce la polarizări remanente care se traduc în constante de timp mai ridicate şi în diminuarea energiei acumulate de condensator.

Geamul raster de difuzie a luminii şi reflectorul lămpii trebuie menţinute absolut curate, pentru a beneficia de un coeficient cît mai ridicat de transmisie a energiei luminoase.

Mufa de sincronizare trebuie ferită de presiuni mecanice sau oxidări ce ar împieta comanda declanşării lămpii fulger.

În cazul alimentării de la acumulatori întreţinerea lămpilor fulger necesită o mare grijă privind formarea acestora, respectarea unor cicluri de încărcare-descărcare (chiar în cazul în care nu sînt folosite), utilizarea lor pînă la o anumită tensiune inferioară indicată de un instrument sau de un alt sistem indicator. Acumulatorul trebuie manipulat astfel ca să nu se scurgă acid peste montajul aflat în aceeaşi casetă. În cazul alimentării de la baterii, pe durata nefolosirii lămpii, este bine ca bateriile să fie scoase din casetă pentru a preîntîmpina descărcarea lor prin rezistenţa de izolaţie scăzută a casetelor.

În manipularea servolămpilor şi a celor cu computer se va evita orientarea, din imediata apropiere, a fulgerului electronic spre elementele fotosensibile din schemă.

Tensiunile ridicate din schemele electrice impun prudenţă în manipulare pentru a evita scurtcircuite sau electrocutări.

În cazul în care o lampă fulger prevăzută cu diferite accesorii nu funcţionează, se verifică etapizat următoarele elemente funcţionale:

a) *Verificarea contactului de sincronizare* se face cu ajutorul unui ohmmetru pus pe bornele condensatorului de amorsare (cu lampa de fulger nealimentată) şi scurtcircuituînd cele două borne ale mufei cu un fir. În acelaşi mod se verifică contactul butonului manual de încărcare.

b) *Verificarea sistemului de alimentare* se face cu ajutorul unui voltmetru conectat direct pe bornele condensatorului principal. Dacă sistemul de alimentare de la reţea sau de la baterii-acumulatori funcţionează normal, tensiunea va fi pe condensator de 1,41 mai mare decît tensiunea efectivă de alimentare în c.a. În cazul lipsei acestei tensiuni defecţiunea poate fi o legătură electrică desfăcută, o diodă întreruptă sau un element nefuncţional în schema convertorului. Decelarea nivelului la care se găseşte defectul se face alimentînd lampa de la reţea apoi la baterie.

c) *Verificarea indicatorului optic* se face direct prin compararea momentului cînd se aprinde lampa cu neon şi valoarea tensiunii de pe lampa fulger. Reglajele ce se impun au fost expuse în cap. 10.3.

d) *Verificarea tubului cu descărcare în gaz şi a circuitului de amorsare* se face direct după efectuarea celorlalte verificări prin declanşarea manuală sau sincronizată cu aparatul fotografic.

e) *Verificarea economizorului* se face cu ajutorul unui voltmetru conectat pe condensatorul principal. La atingerea unei anumite tensiuni schema economizorului (cu releu sau cu tranzistor) trebuie să decupleze încărcarea condensatorului ceea ce se poate observa direct pe instrument.

f) *Verificarea circuitului de declanșare a servolămpii* se face prin orientarea unui flux luminos de la un bec spre elementul fotosensibil. Montajul trebuie să acționeze numai la variații bruște ale iluminării ce depășesc nivelul fondului dintr-o încăpere iluminată.

g) *Verificarea circuitului de expunere controlată*; fiind vorba de montaje complexe, măsurătorile se vor referi numai la verificarea globală a circuitelor. Verificarea propriu-zisă a reglajului automat al duratei fulgerului necesită măsurători de mare precizie cu aparatură adecvată.

h) *Verificarea frecvenței stroboscopice* se face cu ajutorul unui cronometru și cu un contor de fulgere electronice de frecvență adecvată, (cap. 10.7).

15.6 Realizarea unui dispozitiv de lampă fulger

Deoarece dispozitivul lampă fulger lucrează atașat aparatului fotografic el va trebui să îndeplinească nu numai caracteristici funcționale ci și anumite condiții ergonomice. În acest sens, montarea lămpii fulger și a schemelor de bază (după caz și a condensatorului principal) în corpul de iluminare a unui dispozitiv dezafectat poate constitui o primă soluție constructivă.

Presupunînd că ne propunem să realizăm un dispozitiv de lampă fulger care să întrunească toate perfecționările prezentate, cu excepția celei de reglare automată a duratei fluxului luminos, etapele ar fi următoarele;

a) *Alegerea lămpii* (*tubului cu descărcare în gaz*) cu U_{apr} dat și a *condensatorului principal* cu $U_c > U_{apr}$ și de o capacitate suficient de mare pentru a asigura energii de 30—40 J la încărcarea de la tensiunea rețelei de 220 V. În cazul în care dispozitivul va fi folosit și pentru fotografie stroboscopică, în paralel cu condensatorul se va atașa un alt condensator de aceași tensiune dar de o valoare de 10—40 μF. Decuplarea condensatorului principal se face cu un comutator care asigură și comanda automată a circuitului de amorsare printr-un generator de impulsuri.

b) *Proiectarea sistemului de alimentare de la rețea* nu comportă dificultăți fiind vorba de o schemă de redresare. În cazul alimentării de la baterii sau acumulator convertorul va fi proiectat astfel ca în sarcină să furnizeze o tensiune ceva mai mare decît cea a rețelei. Convertorul va fi realizat pe ferită pentru a micșora pierderile din transformator.

c) *Proiectarea indicatorului optic*, folosind un tub cu neon de tensiune dată, se va face pe baza indicațiilor din cap. 10.3.

d) *Proiectarea circuitului de amorsare* se va face folosind un transformator de impulsuri realizat pe o bară de ferită. Comanda se realizează prin intermediul unui tiristor de mică putere și cu o tensiune $U_a > U_{apr}$ a lămpii fulger.

e) *Proiectarea economizorului de alimentare* se face alegînd una din schemele de principiu prezentate în cap. 11.3.

f) *Proiectarea unui dispozitiv fotosensibil* ce comandă într-un regim preselectat tiristorul din circuitul de amorsare, în vederea utilizării dispozitivului ca servolampă fulger (indicații de proiectare în cap. 12.3).

g) *Proiectarea generatorului de impulsuri* ce comandă într-un regim preselectat tiristorul din circuitul de amorsare, în vederea utilizării lămpii fulger în fotografie stroboscopică (indicații de proiectare în cap. 14.2.2.3.).

h) *Etalonarea lămpii fulger* pe baza măsurătorilor de număr director, cu introducerea corecțiilor de sensibilitate conform indicațiilor date la pct. 15.2. și 15.3. (valabile și pentru fotografia stroboscopică).

i) *Introducerea corecției de sensibilitate* a filmului în funcție de scara de sensibilitate aleasă conform indicațiilor din acest capitol punctul 15.3.

CAPITOLUL 16

APARATUL DE MĂRIT

În cadrul procesului pozitiv, ce urmărește obținerea imaginii pe hîrtie fotografică, aparatul de mărit ocupă un loc important în reproducerea la scară a imaginii înregistrate pe stratul fotosensibil. Deoarece o parte din dispozitivele electronice proprii laboratorului fotografic lucrează în directă legătură cu aparatele de mărit se prezintă principalele părți ale acestora și modul lor de utilizare (fig. 104).

Prezentarea urmărește definirea tuturor elementelor tehnice ce intervin în special în sistemele de expunere controlată sau automată.

16.1 Corpul de iluminat

Corpul de iluminat este ansamblul care asigură iluminarea cît mai uniformă a clișeului și este format din următoarele elemente componente:

a) *Sursa de lumină*, constituită dintr-un bec cu incandescență sau o lampă, care poate fi fluorescentă, cu vapori de mercur sau cu halogeni. Puterea acestor

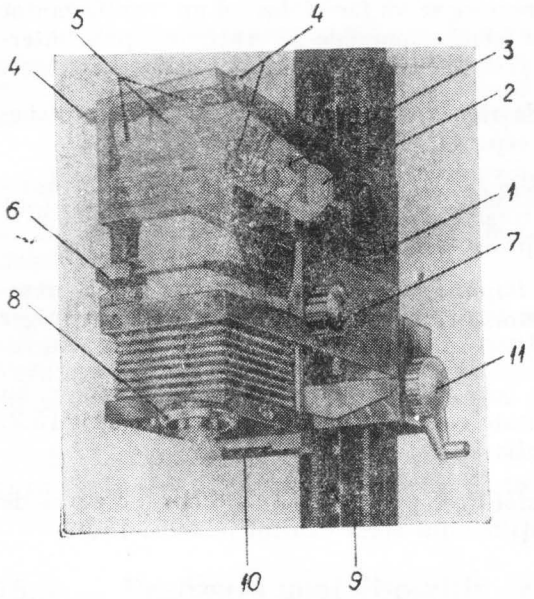


Fig. 104. Aparatul de mărit DURST M 605 COLOR:

1 — corpul de iluminat; *2* — lampa halogen; *3* — capul de culoare; *4* — butoane de reglare a filtrelor interferențiale; *5* — indicatoare de densitate a filtrelor; *6* — rama port-clișeu; *7* — buton de punere la punct a clarității; *8* — obiectivul aparatului de mărit; *9* — coloana de susținere; *10* — indicatorul unghiului de înclinare al corpului aparatului; *11* — maneta de deplasare a corpului de iluminat.

becuri este de 100—500 W. Lămpile special realizate pentru aparatele de mărit au o temperatură de culoare mai ridicată, în jur de 3 030 °K. Din lămpile amintite cele cu incandescență au o ușoară dominantă portocalie, ce accentuează puțin contrastul imaginii iar cele cu vapori de mercur au o ușoară dominantă albăstruie.

Sursa de lumină poate avea o poziție fixă sau mobilă față de cutia corpului de iluminat. În ultimul caz, se impune centrarea sursei, prin deplasarea laterală, în sus sau în jos a becului față de condensor. Verificarea iluminării uniforme se poate face în planul hîrtiei cu un luxmetru sau cu un exponometru normal sau conceput special pentru măsurători de laborator. Vizual se mai verifică dacă lumina proiectată nu reprezintă colorații marginale.

b) *Filtrul antitermic* ce servește la protecția clișeului, în cazul unor expuneri îndelungate, la acțiunea unor becuri cu radiație termică intensă.

c) *Sertarul port-filtre* ce reprezintă locașul special de montare al geamului opal și al filtrelor color. În această poziție se montează și filtrele interferențiale (dicroice) ca o tehnică distinctă în fotografia color.

d) *Sistemul de dirijare a luminii* ce asigură iluminarea negativului într-un anumit mod care poate fi:

— *în lumină difuză*, prin montarea între sursă și clișeu a unui geam opal cu rol de difuzie; se asigură astfel o atenuare a contrastelor, a defectelor mici ale imaginii dar și a detaliilor, cu un randament scăzut de utilizare a intensității luminoase a sursei:

— *în lumină dirijată*, prin montarea unui condensor optic format din 1—2 lentile, cu rol de dirijare a razelor luminoase; pentru o iluminare uniformă

diametrul lentilelor trebuie să fie mai mare decît diagonala formatului maxim de lucru, focarul condensorului fiind mai departe de sursa de lumină;

— *în lumină semidifuză*, prin montarea între sursa de lumină și condensor a unui geam opal; permite mai multe variante de dirijare a luminii cu rezultate foarte bune privind atenuarea contrastelor și redarea detaliilor; se folosește în special la negativele color.

e) *Cutia corpului de iluminat*, ca suport general al tuturor elementelor arătate; este prevăzută cu fante de aerisire avînd în vedere încălzirea puternică pe care o produc în special becurile cu incandescență.

f) *Sistemul de deplasare a corpului de iluminat*, care asigură cu ajutorul unui buton și a unui angrenaj mecanic, prin fricțiune, cremalieră sau echilibrare, deplasarea corpului de iluminat în vederea reglării măririi liniare.

16.2 Rama port-clișeu

Rama port-clișeu reprezintă elementul de poziționare și fixare a clișeului fotografic în timpul operației de mărire. Este alcătuit dintr-un sistem de geamuri și lamele care asigură întinderea perfectă a clișeului și paralelismul acestuia cu planul hîrtiei fotografice. Geamurile trebuie să fie perfect curate și șterse, astfel încît să nu se încarce electrostatic, ceea ce favorizează depunerea particulelor de praf.

Rama port-clișeu, în funcție de tipul aparatului, permite introducerea unor clișee de diferite mărimi ca 24×36, 60×60, 60×90, 90×120 mm, mărimea maximă constituind una din caracteristicile ce definesc performanțele aparatului de mărit.

Sînt aparate de mărit care permit în plus obturarea clișeului pe cele două dimensiuni ale acestuia prin deplasarea unor lamele din port-clișeu sau rabaterea ramei port-clișeu pentru corecția sau amplificarea liniilor de fugă. Ramele port-clișeu se prevăd de obicei cu un sistem de zăvorîre mecanică în poziția de lucru.

16.3 Obiectivul aparatului de mărit

Obiectivele aparatelor de mărit sînt asemănătoare cu cele ale aparatelor fotografice, fiind corectate pentru distanțe mai mici, avînd în vedere dimensiunile imaginii proiectate. Mărimile caracteristice ale acestor tipuri de obiective sînt:

a) *Distanța focală* (f) adecvată formatului clișeului care se mărește; pentru formatele de 24×36 și 30×40 mm sînt indicate obiective cu $f=45-50$ mm; pentru formatele 45×60, 60×60 mm obiectivele cu $f=75$ mm iar pentru formatele 60×90 mm obiective de 105 mm.

b) *Diafragma* de calibrare a fluxului luminos; este reglabilă din exterior în trepte marcate fizic şi mecanic cu valorile standardizate folosite şi la obiectivele aparatelor de fotografiat (de obicei pînă la f=1:16). O diafragmare mai puternică asigură o iluminare mai uniformă a cîmpului de proiecţie şi o redare mai fidelă a detaliilor prin creşterea puterii de rezoluţie. În cazul obiectivelor de tip JANPOL pe lîngă difragma normală se pot introduce şi filtre color încorporate în obiectiv şi reglabile din exterior. Aceasta constituie o altă modalitate tehnică de fotografie color care elimină filtrele clasice realizate din emulsii depuse între două straturi de sticlă.

c) *Luminozitatea* sau *deschiderea relativă maximă a obiectivului* cu valori uzuale de f : 3,5 sau f : 4,5. Luminozitatea maximă se foloseşte numai la punerea la punct a clarităţii sau, în mod excepţional, la măriri foarte mari, ce necesită timpi foarte lungi de expunere.

d) *Sistemul de punere la punct a clarităţii*, realizat de obicei dintr-un burduf purtător, angrenat printr-un buton cu cremalieră sau cu un sistem de cilindri telescopici. Punerea la punct a clarităţii se face după stabilirea formatului imaginii prin deplasarea corpului de iluminat faţă de rama fotografică. Sînt aparate de mărit (Opemus II, Magnifax II) prevăzute cu pană telemetrică ce permite o punere precisă la punct a clarităţii. Există aparate ce corelează cele două mişcări ale corpului de iluminat şi ale obiectivului, asigurînd automat punerea la punct a clarităţii.

16.4 Coloana de susţinere şi planşeta de bază

Toate elementele prezentate sînt solidar prinse pe o coloană de susţinere pe care poate glisa corpul de iluminat în vederea stabilirii măririi liniare. Uneori coloana de susţinere permite rabaterea cu 90° a întregului corp al aparatului de mărit, în vederea unei proiecţii verticale, pe perete, a imaginii, în cazul unor măriri liniare foarte mari. Lungimea coloanei de susţinere (50—150 cm) limitează valoarea măririi liniare.

Coloana de susţinere este fixată pe o planşetă de bază, paralelă cu rama port-clişeu, pe care se fixează hîrtia fotografică direct sau prin intermediul unei rame de mărit. Dimensiunile planşetei constituie un indicator al formatului maxim al aparatului. Distanţa dintre axul optic şi coloana de susţinere (150—300 mm) limitează şi ea valoarea măririi liniare în cazul unei proiecţii normale pe orizontală.

16.5 Accesorii ale aparatului de mărit

Sînt dispozitive auxiliare ce servesc la mărirea funcţionalităţii aparatelor de mărit.

— *Filtrul roşu închis* care se rabate în faţa obiectivului, cu clişeul iluminat, pentru fixarea cadrului şi compoziţiei imaginii fără voaloarea hîrtiei fotografice.

— *Rama de mărit* ce reprezintă un sistem de liniare gradate ce servesc la stabilirea mărimii formatului de lucru, la poziționarea și întinderea perfectă a hîrtiei fotografice pe durata expunerii.

— *Filtre color* organizate sub forma unor seturi de filtre de culori și densități diferite utilizate în fotografia color.

— *Ceas de expunere* ce permite expunerea controlată, prestabilită pe baza unor probe efectuate anterior.

— *Stabilizator de tensiune alternativă* ce elimină efectele fluctuațiilor tensiunii de rețea care pot să influențeze intensitatea sursei luminoase și prin urmare valorile de expunere, critice mai ales în fotografia color.

În cazul unor modele mai perfecționate, gama accesoriilor poate fi completată cu:

— *Sistem de expunere automată* în care expunerea se stabilește în funcție de gradația hîrtiei și de densitatea optică a clișeului, folosind criteriul timp.

— *Sistem de comandă automată a iluminării* în care expunerea se stabilește în funcție de gradația hîrtiei și densitatea optică a clișeului, folosind criteriul flux luminos.

— *Analizor de culoare* pentru stabilirea valorilor de filtrare și a timpilor de expunere la mărirea negativelor color.

— *Sursă de lumină inactinică de laborator*, formată dintr-un bec cu incandescență de putere mică, 15—25 W, montat într-o cutie și acoperit cu filtre speciale galben-verzui ce permit desfășurarea normală a prelucrării hîrtiei fotografice fără a produce voalarea ei.

CAPITOLUL **17**

ELEMENTE SENSITOMETRICE LA MATERIALE FOTOSENSIBILE POZITIVE

Hîrtia fotografică se caracterizează prin mărimi sensitometrice specifice a căror enunțare și cunoaștere se impune la stabilirea expunerilor corecte, atît în sistemele controlate cît și în cele automate bazate pe criteriul timp sau flux luminos. O bună parte dintre aceste elemente sînt identice ca definiție cu cele expuse la materiale fotosensibile negative (cap. 3.1.), în acest capitol fiind prezentate numai domeniul valorilor tipice.

17.1 Mărimi caracteristice sensitometriei materialelor pozitive

Hîrtiile fotografice, în marea majoritate a cazurilor, se prelucrează printr-un tratament chimic ce urmează unei expuneri controlate a emulsiei fotosensibile, realizată tot pe baza unor halogenuri.

În cazul materialelor pozitive, suportul este o hîrtie cu o mare rezistență mecanică, la temperatură ridicată și la menținere îndelungată în apă. Hîrtia este acoperită cu un strat intermediar de alb de barit și caolin după care urmează stratul fotosensibil propriu-zis, protejat cu un strat foarte fin de gelatină. Tipul hîrtiei, depunerea straturilor intermediare și calitatea emulsiei determină caracteristicile specifice fiecărui sortiment de hîrtie fotografică.

a) *Tipul hîrtiei.* Tipul hîrtiei este determinat de grosimea suportului, după care hîrtia poate fi subțire, normală sau groasă (carton). Suportul este în general alb (care favorizează distingerea detaliilor) sau poate avea o tentă crem, galbenă sau albăstruie (pentru redarea artistică a unor imagini).

b) *Aspectul hîrtiei.* Aspectul este determinat de numărul straturilor de baritare, după care hîrtia poate fi mată (un singur strat) semilucioasă (cu două straturi) sau lucioasă (cu trei straturi) respectiv raster, filigran și cristal (prin gofrarea stratului de alb de barit).

c) *Mărimea hîrtiei.* Valorile uzuale din practica fotografică sînt: 6,5×9 cm, 9×12 cm, 13×18 cm, 18×24 cm, 24×30 cm, 30×40 cm. Hîrtiile sînt dispuse în pachete de 10—100 bucăți protejate prin ambalaj, avînd o anumită dispunere a foilor în pachet.

d) *Curba caracteristică a hîrtiei fotografice.* Ca în cazul emulsiilor fotografice negative se poate realiza o sensitogramă de analiză a hîrtiei fotografice. Valorile efective de calcul ale opacității respectiv a densității optice se stabilesc cu ajutorul unor densitometre speciale.

Raportînd într-un sistem de coordonate rectangulare densitatea optică cu logaritmul zecimal al expunerii corespunzătoare, se poate trasa curba caracteristică de înnegrire a hîrtiei fotografice.

Se constată că alura curbei este asemănătoare cu cea a emulsiei fotografice negative (fig. 7 și 8), dar plasarea ei este într-o altă zonă de sensibilitate, res-

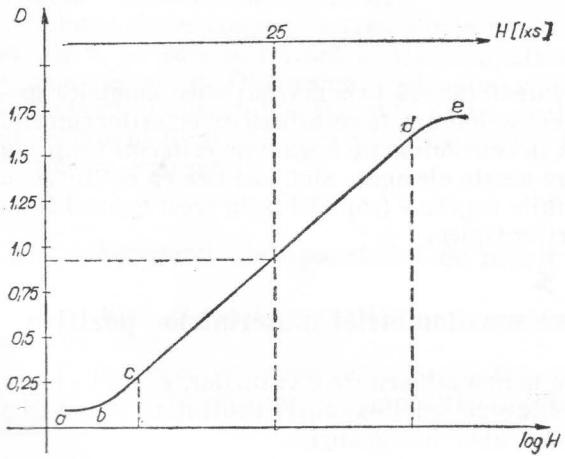


Fig. 105. Curba caracteristică a hîrtiei fotografice ORWO-WN 111.

pectiv domeniu de expunere. Pe curba caracteristică se pot distinge aceleaşi zone de expuneri specifice, ca la materialele negative.

e) *Sensibilitatea hîrtiei fotografice.* Hîrtiile fotografice destinate amatorilor nu conţin indicaţii referitoare la sensibilitatea acestora în sensul celor definite la materialele negative. Aceasta se datorează în primul rînd tehnologiei care nu asigură o constanţă ridicată a sensibilităţii hîrtiei chiar în cadrul aceleaşi şarje. Elementul caracteristic al sensibilităţii hîrtiei fotografice îl constituie însă faptul că domeniul uzual al expunerilor este de $1 \div 100$ lx·s spre deosebire de cel al emulsiilor negative care este de $0{,}01 \div 1$ lx·s. Pentru comparaţie, prin echivalenţă cu sensibilităţile exprimate în grade DIN, acest domeniu este de 1 —3° DIN.

Aceste valori sînt determinate de tipul emulsiei, hîrtiile cele mai rapide fiind cele pe bază de bromură de argint sau clorobromură de argint destinate copierii prin mărire. Hîrtiile cu iodură şi clorură de argint, mai puţin sensibile, sînt destinate copierii prin contact.

f) *Factorul de contrast* (γ). Se defineşte ca la materialele negative ca fiind $\gamma = \operatorname{tg} \alpha$, unde α este unghiul format de porţiunea rectilinie a curbei caracteristice cu abscisa.

g) *Gradaţia hîrtiei.* În mod practic definirea hîrtiilor fotografice pe baza factorului de contrast se face sub denumirea de gradaţie a hîrtiei, indicată pe pachete cu titulatura de extra moale, moale, specială, normală, contrast, extra contrast şi ultra contrast. Aceste gradaţii indică gama de tonuri cenuşii care poate fi redată pe hîrtia fotografică la aceeaşi latitudine de expunere respectiv pentru acelaşi interval de expunere. Gradaţia hîrtiei este influenţată de condiţiile de revelare ca şi în cazul materialelor negative. În fig. 106 sînt prezentate diferenţele dintre curbele caracteristice ale hîrtiilor de diferite gradaţii.

Trebuie menţionat că hîrtiile moi au o sensibilitate mai mare, iar cele contrast o sensibilitate mai mică.

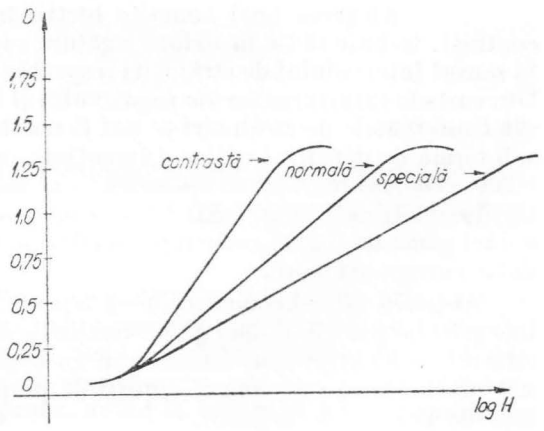


Fig. 106. Curbele caracteristice ale unor sortimente de hîrtii fotografice ARFO.

h) *Latitudinea de expunere*. Matematic, latitudinea de expunere reprezintă diferența corespunzătoare contrastului maxim și cel al formării voalului; practic exprimă capacitatea de înnegrire mai înceată sau mai rapidă în timpul developării în vederea corijării erorilor de expunere la mărire. Valorile uzuale de erori care se pot corecta se situează în jur de 50% și corespund unor latitudini de expunere de 0,1—0,3 (a se vedea definițiile date în cap. 3.1. g.).

i) *Sensibilitatea cromatică*. Exprimă sensibilitatea spectrală a hîrtiei față de diferite radiații. În tehnica alb-negru cunoașterea sensibilității cromatice este utilă în vederea alegerii surselor luminoase ale aparatelor de mărit respectiv ale lămpilor inactinice de laborator.

Sensibilitatea cromatică a hîrtiilor obișnuite depinde de tipul emulsiei folosite. Astfel emulsiile cu bromură de argint sînt sensibile la radiațiile violete și albastre pînă la verde, deci pentru măriri se pot utiliza becuri opale cu temperatura de culoare de 3 100—3 200°K. Hîrtiile cu clorură de argint sînt sensibile numai la violet și albastru, cele mai indicate surse de lumină pentru expunere fiind lămpile cu neon sau cu vapori de mercur cu temperatura de culoare de 4 800°K.

Sensibilitatea cromatică a hîrtiei este folosită la hîrtiile cu contrast variabil, ce au în structura emulsiei fotosensibile un strat de clorobromură de argint cu gradație moale și unul cu clorură de argint cu gradație contrastă. Prin modificarea compoziției spectrale a sursei de lumină, cu ajutorul unor filtre intercalate între sursa de lumină și hîrtie, se asigură pentru filtrele dense expunerea preferențială a stratului de clorură de argint cu obținerea unor imagini contraste, iar pentru filtrele mai puțin dense o imagine lipsită de contrast puternic. În acest fel, se evită folosirea mai multor tipuri de hîrtie.

17.2 Legătura dintre caracteristicile materialului negativ și hîrtia fotografică

Alegerea unei anumite hîrtii, înțeleasă ca gradație sau factor de contrast, trebuie să fie în strînsă legătură cu negativul obținut prin developare, în sensul intervalului de străluciri respectiv a tonurilor de cenușiu ale acestuia. Din curbele caracteristice ale negativului și ale hîrtiei se constată diferențe privind intervalele de străluciri ce pot fi redate. Astfel dacă negativele pot reda, sub formă de densități optice diferențiate, străluciri într-un interval chiar de 1:200, cele mai bune hîrtii fotografice pot reda străluciri corespunzătoare densităților optice extrem de 1:75. Aceasta înseamnă că pentru o redare cît mai fidelă a unei game de tonuri cenușii pe pozitiv se impune alegerea unei hîrtii de gradație corespunzătoare.

Alegerea hîrtiei comportă două aspecte. Primul este legat de redarea prin înnegriri pe pozitiv a unei game complete de tonuri cenușii iar celălalt aspect este cel de a corija prin compensare un negativ contrast printr-o hîrtie moale sau invers. Gama de tonuri cenușii de pe pozitiv este evident în sens invers față de cea de pe negativ.

La redarea unor detalii în zone luminoase sau umbrite, respectiv pentru redări speciale, cu efecte artistice, ne putem abate de la aceste reguli generale.

Deoarece pe pachetele de hîrtie fotografică nu este indicat cifric factorul de contrast, gradaţia reală a hîrtiei, cu titulaturi similare de moale sau normal, poate să difere destul de mult la diverşi producători. Deşi se pot face măsurători comparative, practica este cea care soluţionează cel mai bine acordul dintre negativ şi pozitiv.

17.3 Factorii care influenţează procesul de prelucrare a materialelor pozitive

Prelucrarea hîrtiei fotografice după expunere constituie un proces chimic şi fizic ce urmăreşte exploatarea latitudinii de expunere a hîrtiei şi redarea unei imagini cu densităţi cît mai apropiate de cea a negativului.

Factorii care influenţează procesul de prelucrare sînt:

— gradaţia hîrtiei fotografice;
— tipul revelatorului;
— temperatura revelatorului;
— durata revelării;
— agitarea soluţiei de revelare;
— uzura revelatorului.

Dintre aceşti factori, elementele ce se pot urmări fizic cu ajutorul unor dispozitive adecvate sînt temperatura revelatorului şi durata revelării. Agitarea soluţiei de revelare are efecte mai reduse asupra duratei de revelare respectiv asupra posibilităţii apariţiei unor neuniformităţi de densitate (ca în cazul emulsiilor negative) deoarece difuzia se face şi prin suport iar fotografia este un produs finit care nu se mai măreşte pentru a pune în evidenţă defectele neuniformităţilor.

Urmărirea acestor date, în special la fotografia color, are o însemnătate deosebită, fiind posibilă de realizat cu dispozitivele electronice prezentate în capitolele următoare.

CAPITOLUL 18

EXPUNEREA CONTROLATĂ A FOTOGRAFIILOR CEASURI DE EXPUNERE

Tehnologia practică de realizare a copiilor fotografice prin contact sau prin proiecţie, impune stabilirea unei expuneri corecte conform sensibilităţii materialului pozitiv. Expunerea corectă, înţeleasă printr-o anumită iluminare a clişeului şi o anumită durată de expunere, urmăreşte tocmai determinarea acestei sensibilităţi prin probe, avînd în vedere că nu se dispune de date în acest sens.

Variația acestor mărimi se face în funcție de densitățile optice ale clișeului, apreciate vizual sau pe baza unor măsurători realizate cu un luxmetru sau un exponometru de laborator.

Controlul acestor expuneri se face foarte comod cu ajutorul unor ceasuri de expunere care au la bază montaje de temporizare. În acest mod expunerile vor fi riguros controlate, chiar în domeniul valorilor foarte mici, fără să fie necesară urmărirea continuă a unui cronometru clasic sau a unui ceas obișnuit cu secundar. Acest fapt crează o salutară disponibilitate de timp pentru alte operații paralele în timpul prelucrării unui lot de hîrtie fotografică.

18.1 Principiul temporizării electronice

Din elementele reactive-inductanțe și condensatoare, care prezintă din punct de vedere electric fenomene de întîrziere, condensatoarele, realizate tehnologic simplu, cu gabarit redus și într-o gamă largă de valori, vor fi cele preferate.

Temporizarea pe care o introduce un condensator în circuit poate fi observată atît la încărcarea cît și la descărcarea acestuia.

18.1.1 Circuit de temporizare la încărcarea condensatorului

Se aplică unui condensator C aflat într-un circuit în serie cu rezistența R, tensiunea sursei de curent continuu E, prin intermediul butonului K (fig. 107).

Presupunînd că în momentul aplicării semnalului treaptă condensatorul este complet descărcat, curbele de variație ale tensiunilor pe rezistență și condensator sînt prezentate în diagrama din fig. 108.

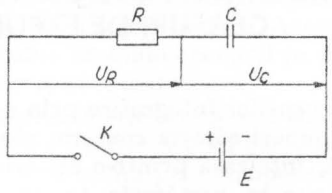


Fig. 107. Circuit de încărcare a condensatorului.

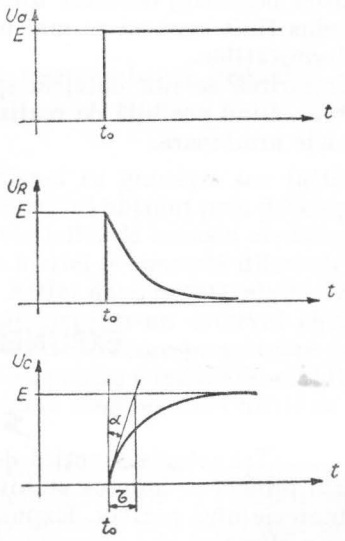


Fig. 108. Diagramele de timp ale variației tensiunii în circuitul de încărcare a condensatorului.

Curbele caracteristice ale tensiunilor pe R şi C sînt redate de funcţiile exponenţiale (*1*) şi (*2*), cînd $t_0=0$:

$$U_C=E\cdot e^{-t/\tau} \quad (1) \qquad U_C=E(1-e^{-t/\tau}), \quad (2)$$

unde $\tau=RC$ este constanta de timp a circuitului.

Din analiza caracteristicii de încărcare a condensatorului se constată că pentru $t=0$ $U_C=0$, $t=\infty$ $U_C=E$. Practic atingerea tensiunii $U_C=E$ se consideră încheiată pentru $t=5\,\tau$, valorile uzuale de temporizări utilizate fiind pentru $t=3\,\tau$ cînd $U_C=0{,}95\cdot E$.

18.1.2 Circuit de temporizare la descărcarea condensatorului

Un condensator C încărcat la tensiunea E se descarcă într-un circuit format din rezistenţa R la comutarea butonului K (fig. 109).

Curbele de variaţie ale tensiunii pe condensator şi rezistenţă sînt identice, fiind prezentate în diagrama din fig. 110.

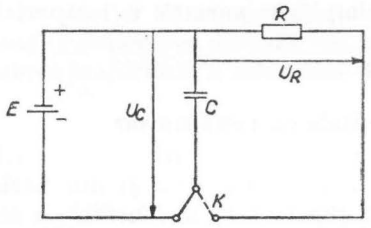


Fig. 109. Circuit de descărcare a condensatorului.

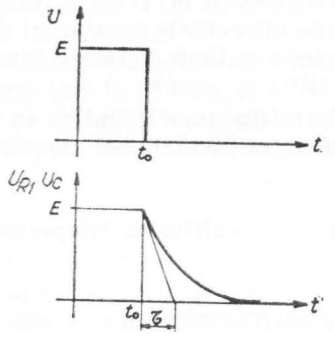


Fig. 110. Diagramele de timp ale variaţiei tensiunilor în circuitul de descărcare a condensatorului.

Curba caracteristică a variaţiei tensiunii pe condensator şi rezistenţă este redată prin funcţia exponenţială (3) pentru $t_0=0$.

$$U_C=U_R=E\cdot e^{-t/\tau}, \quad (3)$$

unde $\tau=RC$ este constanta de timp a circuitului. La $t=0$ $U_C=E$ iar la $t=\infty$ $U_C=0$. Consideraţiile privind aprecierea temporizării sînt aceleaşi ca la încărcarea condensatorului.

18.1.3 Calculul temporizărilor în circuitele cu condensator

Din relaţiile (2) şi (3) se pot stabili duratele temporizării T_1 într-un circuit de încărcare a condensatorului respectiv T_2 într-un circuit de descărcare a condensatorului:

$$T_1=\tau\cdot\ln\frac{1}{1-U_C/E} \quad (4) \qquad T_2=\tau\cdot\ln\frac{E}{U_C}, \quad (5)$$

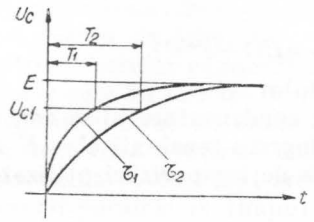


Fig. 111. Variația temporizării la încărcarea condensatorului cu constante de timp diferite.

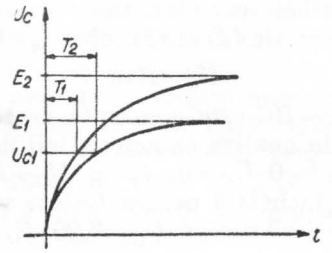


Fig. 112. Variația temporizării la încărcarea condensatorului la diferite tensiuni de alimentare.

în care U_C este valoarea tensiunii de prag pe condensator, care se urmărește să fie atinsă cu o întîrziere T_1 sau T_2.

Din relațiile (4) și (5) se constată că temporizările sînt determinate proporțional de elementele constantei de timp (fig. 111). De asemenea, temporizarea este determinată de valoarea tensiunii de alimentare E și a pragului U_{c1} fixat (fig. 112).

Toate diagramele indică ca o metodă simplă de variație a temporizării, modificarea constantei de timp a circuitului.

18.1.4 Stabilitatea temporizării în circuitele cu condensator

Din analiza relațiilor de calcul a temporizărilor și din variația temporizării cu alimentarea, pentru același E și prag U_{c1}, se constată că stabilitatea temporizării este influențată de stabilitatea valorii rezistenței R și a condensatorului C. Din acest punct de vedere alegerea unei rezistențe cu coeficient mic de temperatură, chiar negativ, este indicată alături de alegerea unui condensator cît mai stabil ca valoare la variațiile temperaturii. Se constată de asemenea că variația tensiunii sursei de alimentare influențează valoarea temporizării, ceea ce necesită, pentru o precizie mai bună, utilizarea unei surse stabilizate de tensiune.

În acest sens alegerea pragului U_{c1} se recomandă în zona de liniaritate. Plasarea acestei valori în zona lui E, la orice variație a celorlalte elemente, amplifică erorile valorilor temporizării datorită instabilității tensiunii de alimentare și a valorii elementelor de schemă.

18.2 Principiul releului electronic de temporizare

Prezentarea detaliată a circuitelor elementare cu condensatoare și a elementelor de calcul a temporizării a arătat că este necesară marcarea tensiunii de prag U_{c1} printr-un dispozitiv electronic special.

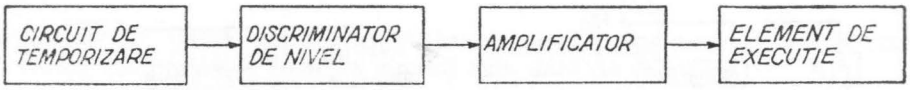


Fig. 113. Schema bloc a releului electronic de temporizare.

Schema de principiu a unui releu electronic de temporizare va cuprinde, pe lîngă elementul de temporizare, un discriminator de nivel, un amplificator și elementul de execuție, ce poate fi un releu electromagnetic prin al cărui contact se comandă utilizatorul (fig. 113).

Practic, funcția discriminatorului de nivel și a amplificatorului poate fi înglobată într-un singur dispozitiv.

18.3 Circuite electronice de temporizare

Există o mare varietate de circuite electronice de temporizare care pot utiliza, pe lîngă circuitul propriu-zis de temporizare, diferite tipuri de discriminatoare de nivel și amplificatoare. Această varietate se extinde nu numai la domeniul temporizărilor, la acționare sau la cădere, ci și la cel al gamei valorilor de temporizare de la zecimi de secundă la ordinul a zeci de minute. Elementele de bază ale acestor circuite de temporizare se vor regăsi în marea majoritate a ceasurilor de expunere.

18.3.1 Circuite electronice cu temporizare la acționare

Pentru a arăta modul de realizare practică a unor relee electronice de temporizare se prezintă dezvoltarea teoretică a unui montaj cu funcție de temporizare la acționare (fig. 114).

Elementul de temporizare în toate schemele din fig. 114 îl reprezintă un divizor format din condensatorul C și un potențiometru P. Elementul de discriminare a nivelului îl constituie tensiunea de deschidere a joncțiunii BE a tranzistorului T, care servește și ca amplificator pentru comanda unui releu electromagnetic.

Începerea temporizării este marcată de desfacerea contactului K. Condensatorul C se încarcă prin potențiometrul P pînă la valoarea $U_{be}=0{,}6-0{,}7$ V cînd se deschide tranzistorul T și se comandă releul R (fig. 114, *a*).

În fig. 114, *b* sînt prezentate elementele necesare protecției componentelor din circuitul de temporizare. Astfel R_p, inseriat cu butonul K, protejează contactul butonului de scînteile ce apar la descărcarea bruscă a condensatorului C, la pregătirea montajului pentru un nou ciclu. Rezistența R_b s-a introdus pentru protecția joncțiunii BE în cazul în care potențiometrul P se reglează la valoarea minimă. Dioda D este necesară pentru protecția tranzistorului la supratensiunile inverse ce apar din circuitul inductiv al releului electromagnetic.

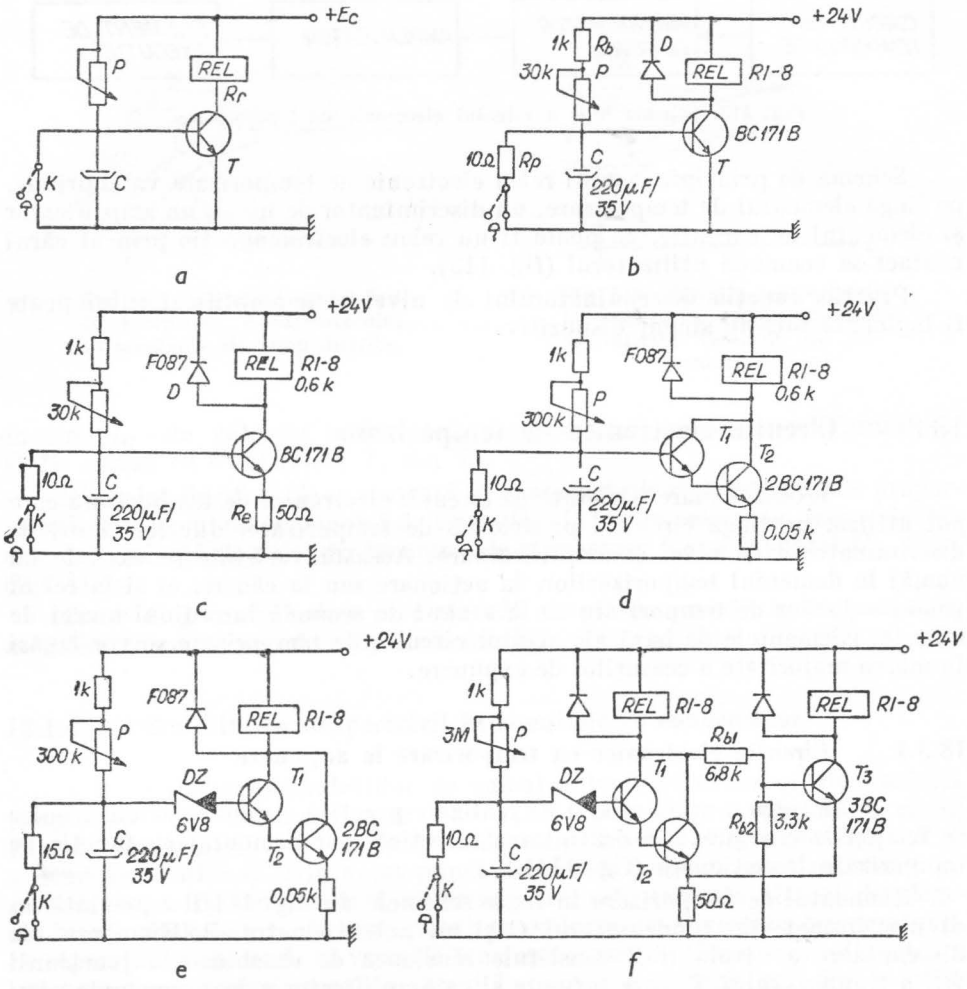


Fig. 114. Circuite electronice cu temporizare la acţionare.

Temporizarea acestui montaj este:

$$T_b = RC \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{U_{be}}{E_c}}.$$

Deoarece U_{be} are o valoare mică, temporizarea va fi scăzută.

Introducerea rezistenţei R_e în emitorul tranzistorului T (fig. 114, *c*) măreşte pragul de comandă cu căderea de tensiune pe această rezistenţă. Valoarea ei nu poate fi crescută mult deoarece nu se mai asigură tensiunea de acţionare a releului $U_R = E_c - U_{CE} - U_{Re}$. În plus prin mărirea rezistenţei

de intrare se influențează mai puțin circuitul propriu-zis de temporizare. Valoarea temporizării la acest montaj este dată de relația:

$$T_c = RC \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{U_{be} + UR_e}{E_c}} \quad \text{unde} \quad U_{Re} \approx I_c \cdot R_c \text{ iar } I_c \approx \frac{E_c}{R_r + R_e}.$$

Montajul din fig. 114, *d* mărește pragul de comandă cu încă 0,6 V iar prin rezistența mare pe care o prezintă la intrare influențează și mai puțin circuitul de temporizare. Valoarea temporizării va fi în acest caz:

$$T_d = RC \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{2\,U_{be} + U_{R_e}}{E_c}}.$$

Pentru mărirea pragului de comandă, se introduce o diodă Zener *DZ* în circuitul bazei (fig. 114, *e*). În acest caz temporizarea va fi:

$$T_e = RC \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{2\,U_{be} + U_z + U_{R_e}}{E_c}}.$$

Cu cît valoarea tensiunilor U_z va fi mai ridicată, crește și domeniul temporizării maxime a circuitului.

Montajul din fig. 114, *f* prin introducerea unui circuit basculant Schmitt, ca discriminator de nivel, în afara faptului că asigură o mai bună stabilitate a pragului de comandă, realizează și funcția de inversare, releul comandat de T_3 lucrînd practic cu temporizare la cădere.

Temporizarea la acționare poate fi realizată prin mutarea întrerupătorului *K* pe ramura de alimentare a divizorului de temporizare *RC*, închiderea acestuia marcînd începutul temporizării.

18.3.2 Circuite electronice cu temporizare la cădere

Folosind principiile de bază ale circuitelor prezentate la circuitele cu temporizare la acționare se pot realiza și circuite de bază cu temporizare la cădere. Schema principială a acestui element este dată în fig. 115, *a*.

Elementul de temporizare îl constituie un condensator *C*, montat între sursa de alimentare și baza tranzistorului, împreună cu potențiometrul *P*. Condensatorul în stare normală este descărcat și tranzistorul *T* este în conducție, releul *REL* fiind acționat. Începerea temporizării este marcată de deschiderea întrerupătorului *K* cînd condensatorul *C* începe să se încarce de la sursă prin *P*. Se asigură pentru început un curent de bază suficient pentru menținerea acționată a tranzistorului. Dacă $I_b < I_{bmin}$ cînd se asigură prin amplificarea tranzistorului curentul I_c pentru acționarea releului, releul se dezexcită.

Montajul care înglobează toate detaliile de schemă, cu justificarea lor funcțională identică cu cea de la montajele cu temporizare la acționare, este

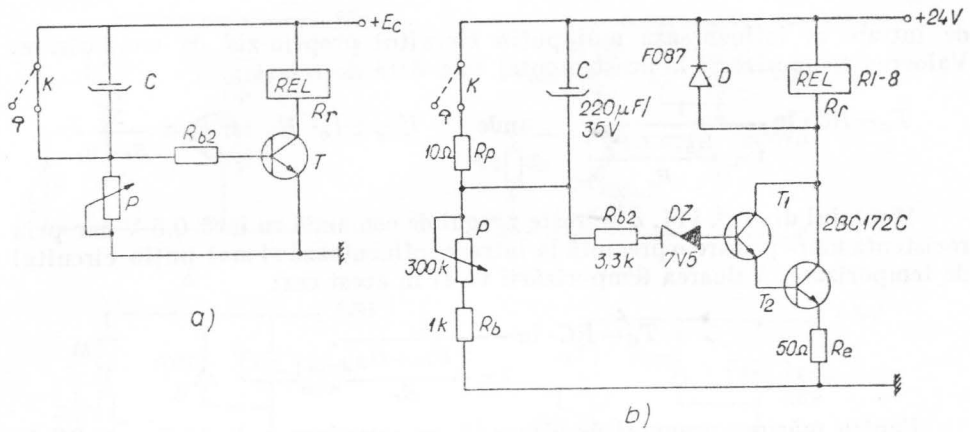


Fig. 115. Circuite electronice cu temporizare la cădere.

prezentat în fig. 115, *b*. În acest caz, se limitează pragul de încărcare a condensatorului pentru a ne plasa în zona de liniaritate a caracteristicii de încărcare a condensatorului.

18.3.3 Circuite electronice de temporizare cu componente speciale

Circuitele de temporizare prezentate utilizează ca elemente de discriminare a nivelului, pentru amplificare respectiv pentru comanda elementului de execuție, tranzistoare bipolare.

Montajele de temporizare se pot realiza cu performanțe mai bune și cu gabarite mai mici utilizînd și alte elemente ca tranzistoare cu efect de cîmp, tranzistoare unijoncțiune sau circuite integrate liniare. Pentru exemplificare se prezintă cîteva asemenea circuite.

18.3.3.1 Tranzistoare cu efect de cîmp MOS-FET

Tranzistoarele cu efect de cîmp cu canal *p* (de tip prin îmbogățire) sau cu canal *n* (de tip prin golire) se caracterizează printr-o rezistență de intrare foarte mare (10^{11}—$10^{12}\Omega$) și o rezistență în conducție scăzută. Din acest punct de vedere ele sînt ideale pentru montajele de temporizare. Dacă sînt prevăzute cu diode Zener, înglobate circuitului, montate între poartă și substrat, ele sînt protejate contra sarcinilor electrostatice ce pot apărea la manipulare sau la poziționare în plastic respectiv în polistiren expandat.

În montajul de temporizare la cădere din fig. 116, în starea normală a circuitului cu K_1 închis, condensatorul C este descărcat, tranzistorul FET (de tip ROS-01 sau o secțiune de ROS-05 ICCE București) va fi blocat iar releul T_1, datorită amplificatorului inversor, va fi acționat.

La comanda deschiderii comutatorului K_1, condensatorul va începe să se încarce iar cînd se va atinge o tensiune poartă-sursă suficient de mare, curentul prin T_1 va duce la dezacționarea releului, prin intermediul tranzistorului T_2.

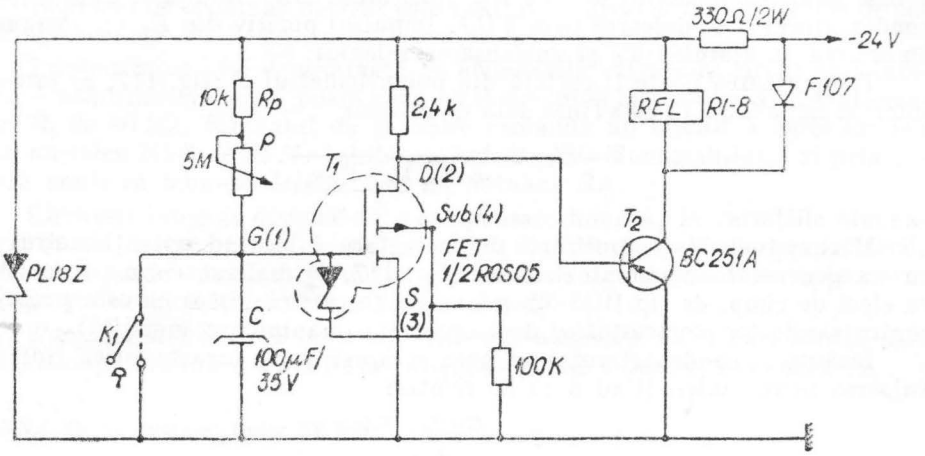


Fig. 116. Circuit cu temporizare la cădere realizat cu tranzistor MOS-FET.

În cazul utilizării unui tranzistor de tip ROS-05, ce conține două tranzistoare MOS cu canal *p*, cu substrat comun legat la capsulă, cele două secțiuni pot fi utilizate într-un montaj diferențial, ce asigură o mare precizie a temporizărilor selectate prin potențiometrul de reglaj.

18.3.3.2 Tranzistoare unijoncțiune

Dispozitivul de temporizare se alimentează cu tensiune stabilizată cu ajutorul unei diode Zener și a rezistenței de limitare R_1. Se asigură astfel o bună stabilitate a valorilor de temporizare (fig. 117).

Începerea temporizării este marcată de deschiderea contactului K_1 pus în corelație cu K_2, cînd condensatorul C începe să se încarce prin potențiometrul P înseriat cu rezistența de protecție R_{p1}. Cînd tensiunea pe condensator

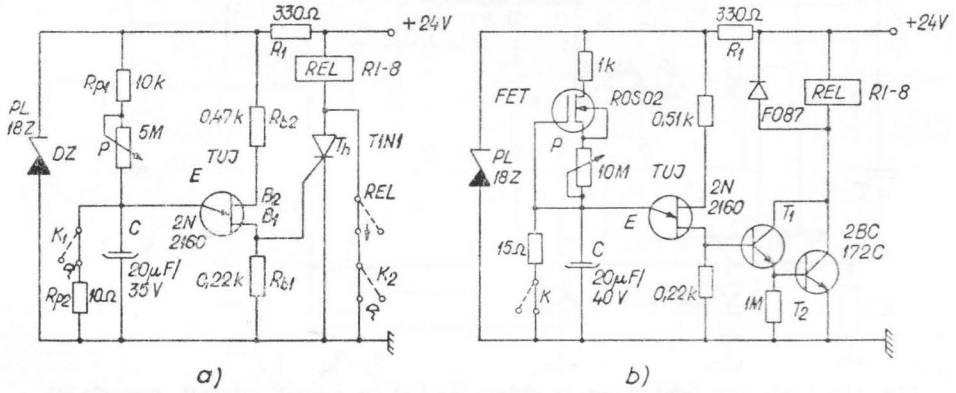


Fig. 117. Circuite cu temporizare la acționare cu tranzistoare unijoncțiune.
a — domeniu de timpi scurți; *b* — domeniu de timpi lungi.

atinge valoarea tensiunii de vîrf U_p, joncțiunea EB_1 fiind polarizată direct, condensatorul C se descarcă prin TUJ. Impulsul pozitiv din B_1 va comanda amorsarea tiristorului T_h și anclanșarea releului.

Temporizarea poate fi reglată din potențiometrul P (fig. 117, *a*) într-un interval de la 0,5 s la 60 s fiind dată de relația:

$$T = R_p \cdot C \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{U_p - U_{BE1}}{E_{B1B2}}}.$$

Mărirea valorii temporizării se poate face înlocuind potențiometrul P cu un generator cu curent constant (fig. 117, *b*) realizat cu un tranzistor cu efect de cîmp, de tip ROS-02 cu canal *n* (acest tranzistor nu este protejat contra sarcinilor electrostatice deci impune o manipulare îngrijită).

Încărcarea condensatorului va avea în acest caz o caracteristică liniară, valoarea temporizării fiind dată de relația:

$$T = \frac{C \cdot (V_p - V_v)}{I_{FET}}$$

unde V_p și V_v sînt tensiunile de vîrf și vale ale TUJ-lui.

Curentul prin FET poate fi reglat tot prin potențiometrul P.

18.3.3.3 Circuit integrat CDB 4121

Circuitul CDB 4121 este un circuit integrat monostabil a cărui declanșare se face prin contactul K, prin care se aplică un impuls pozitiv calibrat pe intrarea B, de tip trigger Schmitt activată de o tranziție de nivel ridicat (fig. 118).

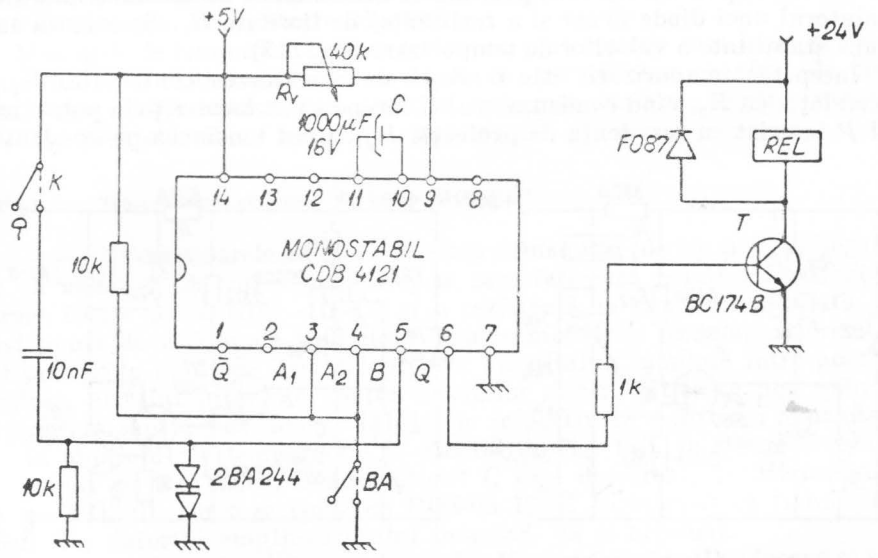


Fig. 118. Circuit cu temporizare la cădere realizat cu circuit integrat monostabil CDB 4121.

Impulsul de comandă derivat este limitat ca nivel prin două diode de comutație de tip BA 244.

Temporizarea este determinată de elementele exterioare circuitului integrat — condensatorul C, ce poate avea o valoare pînă la 1 000 μF și potențiometrul R_v de 40 kΩ. Semnalul de la ieșire comandă un circuit a cărui sarcină este un releu RI-8 de 24 V. Inhibarea funcționării monostabilului și prin urmare anularea temporizării se face cu butonul BA.

Circuitul integrat dispune de o compensare internă, la variațiile alimentării și ale temperaturii, asigurînd astfel stabilitatea valorii temporizării, care va depinde numai de precizia și stabilitatea componentelor exterioare. Temporizarea circuitului este dată de relația:

$T \approx (R + R_i) \cdot C \cdot \ln 2$ unde R_v și C sînt elemente exterioare iar R_i este o rezistență internă a circuitului integrat avînd valoarea de 2 kΩ.

18.3.3.4 Circuit integrat liniar βE 555

Circuitul BE 555 reprezintă practic un dublu comparator, care în funcție de valorile tensiunilor de prag, poziționează într-un anumit mod un circuit basculant de tip SR. Punctul de referință al pragurilor de sus și jos poate fi stabilit din exterior. Depășirea pragului de sus sau prezența unei tensiuni inferioare pragului de jos poate fi pusă în corelație cu un element de declanșare a circuitului, ceea ce echivalează cu începerea temporizării.

În cazul circuitului de temporizare din fig. 119, comanda se face prin comutatorul K, prin care se stabilește tensiunea pe pragul de jos la nivelul masei. Temporizarea este reglabilă din potențiometrul R, durata temporizării fiind dată de relația:

$$T = 1{,}1RC$$

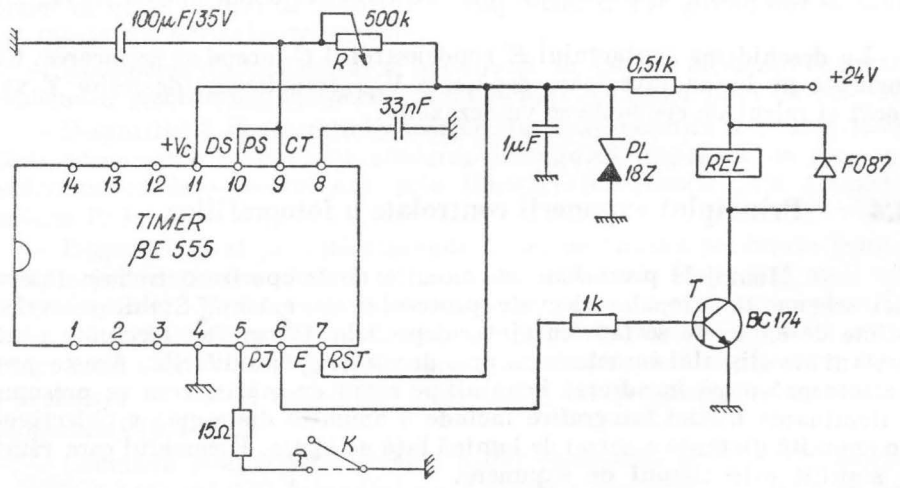


Fig. 119. Circuit cu temporizare la cădere realizat cu circuit integrat βE 555.

Circuitul este prevăzut şi cu posibilitatea aducerii la zero prin pinul *RST* al circuitului basculant bistabil precum şi cu o bornă de descărcare (pinul *10*). Tensiunea de ieşire depinde de nivelul tensiunii de alimentare a circuitului. Elementul de execuţie se comandă printr-un amplificator cu tranzistor.

18.3.3.5 Circuit integrat liniar βA 741

Circuitul βA 741 este un amplificator operaţional folosit în schemă ca discriminator de prag cu funcţie de trigger (fig. 120).

Elementul de temporizare propriu-zis cuprinde condensatorul C şi potenţiometrul P_1 Tensiunea de pe acest divizor este aplicată pe intrarea inversoare a *A.O.* Pe borna neinversoare se aplică o tensiune de referinţă, care stabileşte şi pragul de acţionare al circuitului, fiind reglabilă din potenţiometrul P_2.

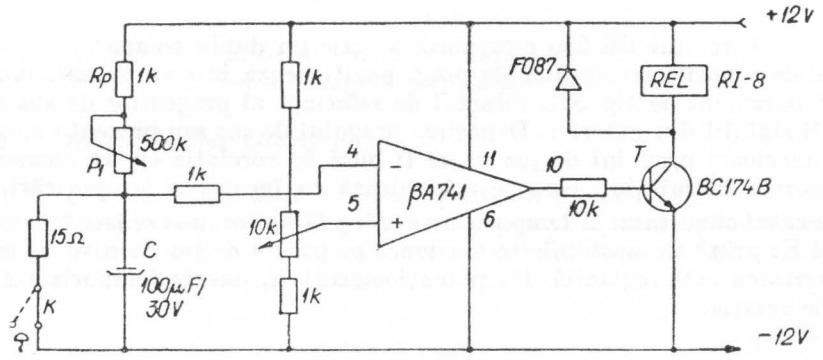


Fig. 120. Circuit cu temporizare la cădere realizat cu circuit integrat βA 741.

La deschiderea contactului K condensatorul C începe să se încarce. Cînd tensiunea pe borna inversoare depăşeşte V_{ref} tranzistorul de ieşire T va fi blocat şi releul de comandă se va dezexcita.

18.4 Principiul expunerii controlate a fotografiilor

Montajele prezentate cu circuite de temporizare trebuie inserate unei scheme funcţionale adecvate procesului de mărire. Stabilirea valorii optime de expunere se face cu ajutorul probelor fotografice efectuate pentru porţiuni ale clişeului caracterizate prin densităţi optice diferite. Aceste probe se efectuează după încadrarea imaginii pe rama de mărit, ceea ce presupune că iluminarea hîrtiei fotografice include o anumită diafragmă a obiectivului şi o anumită distanţă a sursei de lumină faţă de hîrtie. Elementul care rămîne de stabilit este timpul de expunere.

Controlul timpului de expunere se face printr-o preselecţie a unei valori, după ce în prealabil întregul dispozitiv a fost etalonat.

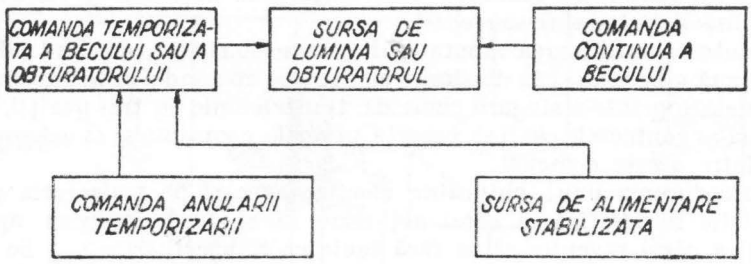


Fig. 121. Schema bloc a dispozitivului de expunere controlată.

Dispozitivul de expunere controlată cuprinde (fig. 121), principial, elementele tip indicate în schema bloc, operațiile și problemele pe care le ridică sistemul fiind următoarele:

— Dispozitivul de expunere controlată trebuie să fie prevăzut cu posibilitatea acționării sursei de lumină a aparatului de mărit direct de pe panoul frontal al dispozitivului, pentru încadrare și punere la punct a clarității.

— Alimentarea circuitelor de temporizare trebuie făcută dintr-o sursă de tensiune stabilizată, conectarea și deconectarea dispozitivului fiind independentă de cea a acționării directe a sursei de lumină.

— Dispozitivul să aibă posibilitatea selecției unei game de valori de ordinul zecimilor de secundă în domeniul 0,1—1 s și al secundelor în domeniul 1—60 s. Compunerea valorilor intermediare sau a celor ce depășesc domeniul maxim se va face prin adăugare sau repetare. Preselecția valorilor de expunere se va face în principiu din potențiometre liniare cu un cîmp mecanic cît mai mare. Pentru cele două game de valori se recomandă utilizarea a două potențiometre diferite. Utilizarea potențiometrelor multitură permite micșorarea erorilor de citire și deci de stabilire a temporizării, dar presupune utilizarea unor transmisii mecanice reductoare.

— Etalonarea dispozitivului se impune să se facă cu elemente de precizie (cronometru electronic), în special în domeniul timpilor mici de 0,1—10 s.

— Dispozitivul să fie astfel conceput încît să permită anularea temporizării preselectate și implicit aducerea întregului dispozitiv la zero, prin descărcarea condensatorului sau prin limitări funcționale prin praguri de tensiune fixă.

— Dispozitivul să permită comanda sursei de lumină pe durata temporizării, fie prin acționare directă (tiristor) fie indirectă (contactul unui releu electromagnetic). Pentru o precizie mare se poate ca etalonarea să se facă la nivelul iluminării sursei de lumină. În acest mod sînt înglobate erorile pe care le dă elementul de execuție (în cazul releelor electromagnetice timpii de acționare au valori uzuale de 0,05—0,2 s) cît și inerția de aprindere a filamentului (0,3—1 s).

— Comanda temporizării trebuie astfel concepută încît să fie independentă de durata apăsării butonului sau a cheii de comandă. O soluție în acest sens, pentru montajele care nu sînt astfel concepute, este introducerea unui

element suplimentar de comandă care calibrează acționarea, indiferent de durata apăsării butonului sau cheii.

— Pentru simplificarea montajului și a acționărilor, comanda de aprindere continuă a becului, cea de ștergere și cea de comandă a temporizării pot să fie comasate printr-o singură cheie de tip telefonic cu trei poziții, evident cu condiția ca contactele cheii să suporte puterile comutate și să asigure o bună izolație între aceste comenzi.

— Introducerea unui obturator electromagnetic pe traiectoria sursă de lumină-hîrtie fotografică, a cărei acționare să se facă înaintea aprinderii becului și a cărei revenire să se facă înaintea stingerii becului. Se elimină astfel momentele caracterizate printr-o compoziție spectrală diferită de cea a temperaturii de culoare normale, proprie tipului de bec folosit. Aceasta are o importanță deosebită în fotografia color și în special la corecțiile caracterizate prin timpi scurți de expunere. Etalonarea în acest caz se va face la nivelul iluminării sursei de lumină, eliminîndu-se erorile introduse de inerțiile elementului de execuție și ale filamentului. Aprinderea becului poate fi făcută în dependență electrică cu obturatorul electromagnetic sau direct, comandat manual, înaintea comenzii de expunere temporizată.

18.5 Ceasuri de expunere pentru laboratoarele fotografice

Elementele de schemă ale dispozitivelor de expunere controlată a fotografiilor se regăsesc în ceasurile de expunere create special pentru laboratoare fotografice. Performanțele acestor ceasuri depind în primul rînd de circuitele propriu-zise de temporizare, alegerea unuia sau altuia din circuite fiind determinată de posibilitățile concrete ale fiecărui fotograf amator și de inventivitatea găsirii a noi soluții sau combinații de schemă.

Pentru exemplificare se prezintă schema completă a unui ceas de expunere cu timpi reglabili de la 0,2 s la 60 s. Schema cuprinde trei părți: partea de alimentare, stabilizatorul de tensiune și dispozitivul de temporizare (fig. 122).

Alimentarea de la rețea se face prin intermediul comutatorului K_r. În primarul transformatorului de alimentare sînt conectate în plus o siguranță fuzibilă de 0,2 A, un schimbător de tensiune pentru alimentare de la 120 V respectiv de la 220 V și un bec de neon indicator al prezenței tensiunii de la rețea, ce servește și la iluminarea scalei de etalonare a potențiometrului în timpul lucrului (becul este prevăzut cu un capișon galben-verzui).

Acționarea sursei de lumină a aparatului de mărit este posibilă direct prin comutatorul K_b sau prin intermediul contactului releului *REL* de temporizare. Transformatorul *Tr* este realizat cu tole cu secțiunea miezului $S_{FE}=10$ cm^2 cu următoarele date ale înfășurărilor: $n_1=384$ spire, $n_2=503$ spire Cu.em. $\Phi=0{,}22$, $n_3=82$ spire, $n_4=92$ spire, $n_5=108$ spire Cu.em. $\Phi=0{,}6$. Redresorul este realizat cu o punte redresoare de tip 1PM2, fiind urmat de un condensator de filtraj de 1 000 μF/70 V. Stabilizatorul de tensiune este de 24 V/1 A, de putere mare, această sursă fiind utilizată și pentru alte aplicații. Sursa stabilizată este realizată cu amplificator diferențial, fiind prevăzută cu protecție la suprasarcină.

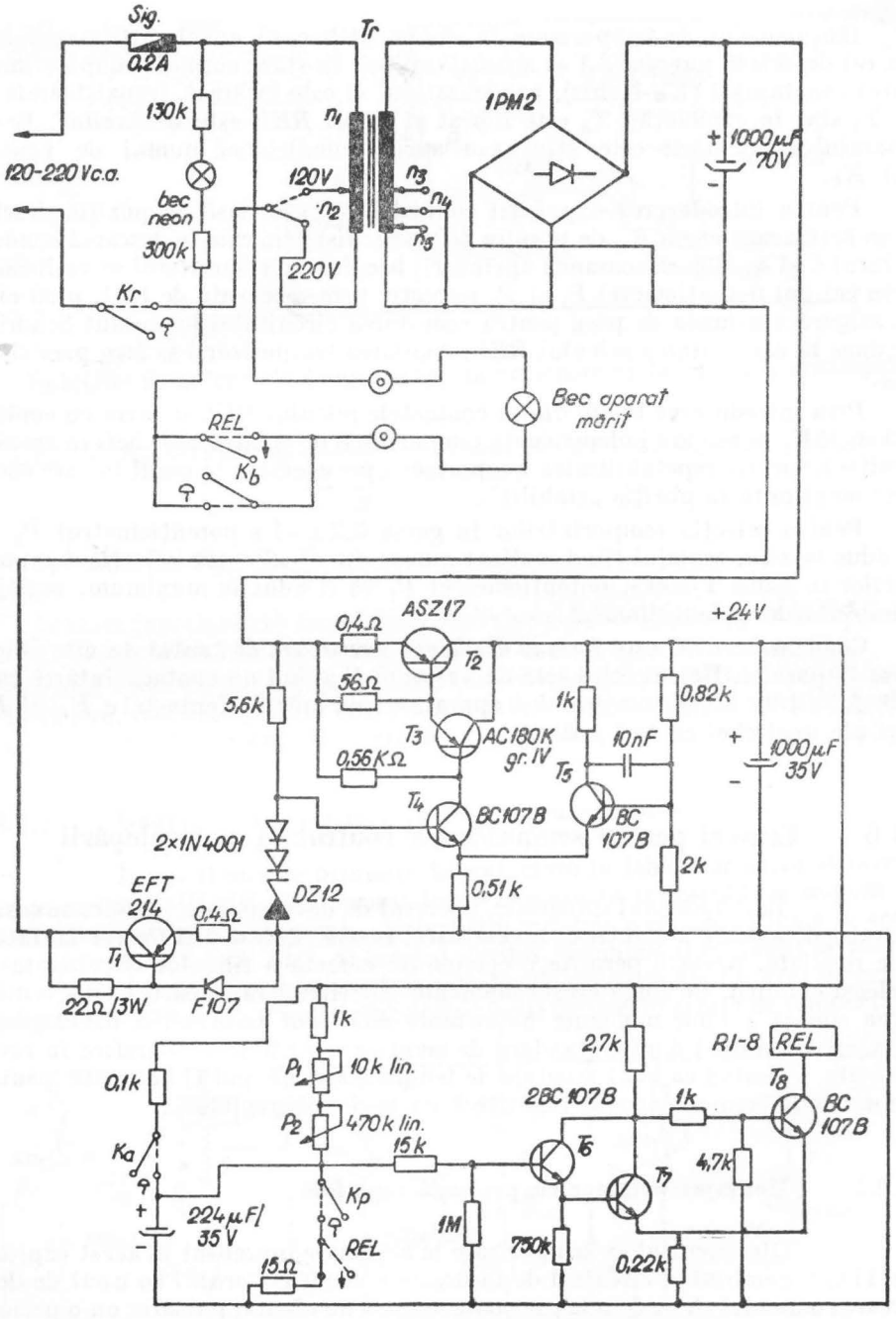


Fig. 122. Schema electrică a unui ceas de expunere fotografică controlată.

Dispozitivul de temporizare la cădere utilizează un circuit asemănător cu cel descris la punctul 3.1 al acestui capitol. În stare normală, după alimentarea montajului (K_a închis), condensatorul C este încărcat, tranzistoarele T_6 și T_7 sînt în conducție, T_8 este blocat și releul REL este dezexcitat. Becul aparatului de mărit este stins sau aprins condiționat numai de contactul K_b.

Pentru introducerea expunerii controlate, K_b se lasă pe poziția deschis și se acționează cheia K_p de pornire (K_a deschis) prin care se descarcă condensatorul C și se asigură comanda aprinderii becului. Condensatorul se va încărca prin cei doi potențiometri P_1 și P_2 respectiv prin rezistența de 1kΩ, pînă cînd se asigură tensiunea de prag pentru comutarea circuitului basculant Schmitt, ce duce la dezexcitarea releului REL. Anularea temporizării se face prin cheia K_a.

Prin introducerea unuia dintre contactele releului REL în serie cu contactul cheii K_p se asigură independența temporizării de menținerea cheii în această poziție respectiv repetabilitatea temporizării preselectate în cazul în care cheia este menținută în poziția „stabilit".

Pentru selecția temporizărilor în gama 0,2 s—1 s potențiometrul P_2 va fi adus la zero, reglajul fiind realizat numai din P_1. Pentru selecția temporizărilor în gama 1—60 s, potențiometrul P_1 va fi adus la maximum, reglajul fiind realizat numai din P_2.

Condensatorul C este format din 4 condensatoare de tantal de cîte 56 μF puse în paralel. Releul RI-8 este de variantă F avînd un contact întărit care este folosit la acționarea becului aparatului de mărit. Contactele K_a și K_p sînt ale unei chei cu trei poziții.

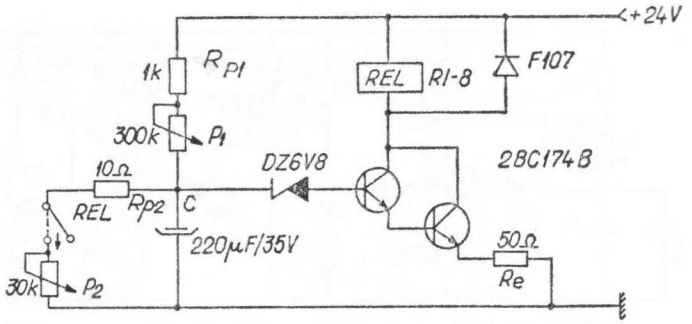
18.6 Ceasuri pentru semnalizarea controlată a developării

În laboratorul fotografic, procesul de developare a filmelor necesită operații de agitare a soluțiilor revelatoare, care se doresc a fi făcute la intervale regulate. Aceasta permite o comparare corectă a filmelor developate în aceleași condiții. Pe lîngă aceste momente repetitive, este foarte utilă și marcarea sonoră a unor momente importante cum sînt terminarea developării, a fixării sau a unei durate standard de menținere a hîrtiei fotografice în revelator etc. Folosind ca bază montaje de temporizare, ele pot fi adaptate pentru semnalizarea sau acționarea repetitivă cu perioadă reglabilă.

18.6.1 Montajul pulsator cu perioadă reglabilă

Din circuitul cu temporizare la acționare prezentat în acest capitol, fig. 114. *e*, combinînd circuitul de încărcare a condensatorului cu unul de descărcare comandat chiar de releu se poate asigura un montaj pulsator cu o perioadă determinată de acționare de potențiometrul P_1 iar la cădere de potențiometrul P_2 (fig. 123).

Fig. 123. Schema unui montaj pulsator.



Relaţiile de calcul ale temporizării la acţionare şi la cădere a montajului sînt:

$$T_a = C(R_{p1} + 1\text{k}\Omega) \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{U_{c1}}{E}} \quad \text{unde } E = 24 \text{ V şi } U_{c1} = U_z + 2U_{be} + U_{R_e}$$

$$T_c = C(10\Omega + R_{p2}) \cdot \ln \frac{E}{U_{c1}}.$$

Schema funcţionează numai dacă pe divizorul format din $R_{p1} + 1\text{k}\Omega$ şi $R_{p2} + 10\ \Omega$ se asigură o tensiune mai mare decît U_{c1}.

Fiind vorba de o funcţionare ciclică utilizarea temporizărilor, la acţionare şi la cădere, este determinată de modul în care se aleg contactele releului pentru acţionarea unui element de execuţie.

18.6.2 Montaj cu temporizare în trepte pentru procese repetitive

În cazul în care procesul de prelucrare în laborator necesită marcarea unor timpi diferiţi, dar dispuşi într-o succesiune cunoscută, se impune folosirea unui alt gen de montaj,, derivat din montajele cu temporizare la acţionare prezentate la pct. 18.3. al acestui capitol. Comanda succesiunii se face de la un circuit la altul prin contactele releelor de execuţie ale fiecărui circuit de temporizare (fig. 124). Timpii sînt determinaţi de fiecare celulă de temporizare,

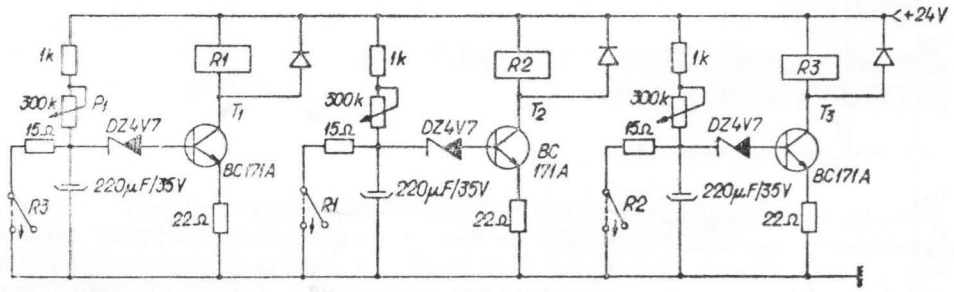


Fig. 124. Schema unui montaj în trepte realizat cu tranzistoare şi relee.

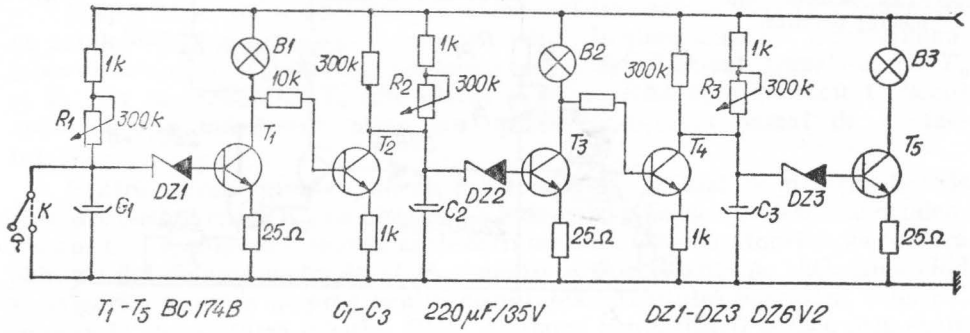


Fig. 125. Schema unui montaj cu temporizare în trepte realizat cu tranzistoare.

reluarea întregului ciclu putînd fi periodică sau nu, după cum se asigură sau nu închiderea buclei prin contactul ultimului element de execuţie.

În cazul în care aceste trepte urmează să fie numai semnalizate cu aprinderea unor becuri, transmiterea comenzilor de la o celulă la alta se poate face prin intermediul unor tranzistoare ca în montajul din fig. 125.

Caracteristica de timp a montajelor cu temporizare în trepte arată că temporizarea totală este suma temporizărilor parţiale ale fiecărui circuit de temporizare (fig. 126).

Valorile temporizărilor fiecărui element de schemă sînt:

$$T_1 = R_1 C_1 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{U_{c1}}{E}} \qquad T_2 = R_2 C_2 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{U_{c2}}{E}} \qquad T_3 = R_3 C_3 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{U_{c3}}{E}}$$

Montajul din fig. 125 poate fi realizat şi cu trei circuite CDB 4121.

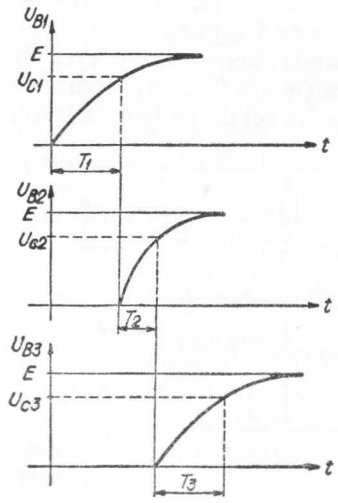


Fig. 126. Caracteristica de timp a unui montaj cu temporizare în trepte.

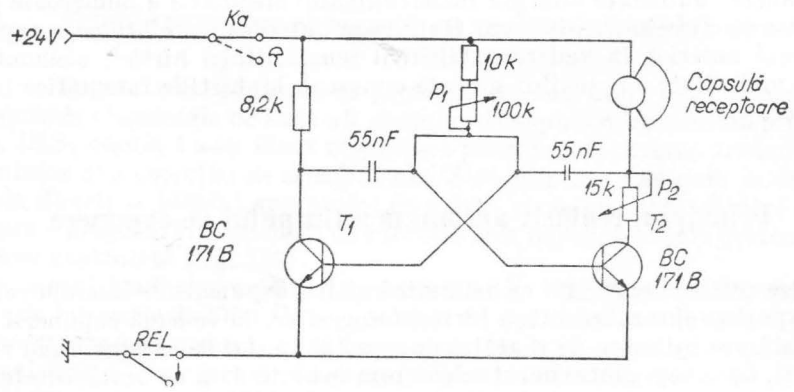


Fig. 127. Schema semnalizării acustice a temporizării.

18.6.3 Semnalizarea acustică a temporizărilor

Deseori cuplarea dispozitivelor de temporizare pentru execuţia efectivă a unui reglaj este dificilă fiind mai simplu reglajul direct manual. În acest caz o semnalizare acustică este de preferat uneia optice. Soluţia practică, simplă, este cea utilizînd ca difuzor, o capsulă receptoare de tip telefonic. Comanda acesteia se face cu un oscilator reglat pe o frecvenţă audio de circa 1 kHz (fig. 127).

La acţionarea releului REL dintr-un montaj de temporizare, nefigurat în schemă, se alimentează un multivibrator ce are ca sarcină în unul din colectoarele tranzistoarelor o capsulă receptoare. Reglajul frecvenţei se face din potenţiometrul P_1 iar al volumului din potenţiometrul P_2. Anularea apelului acustic se face cu ajutorul cheii K_a.

CAPITOLUL 19

EXPUNEREA AUTOMATĂ PRIN REGLAREA TIMPULUI DE EXPUNERE

Expunerea controlată a fotografiilor presupune efectuarea de probe la orice variaţie a unuia din elementele ce determină iluminarea — densităţile optice ale diverselor clişee realizate în condiţii diferite, încadrarea cu deplasarea sursei de lumină, introducerea sau scoaterea geamului opal şi modificările diafragmei pentru redarea detaliilor şi a strălucirii.

Expunerea automată elimină inconvenientul efectuării a numeroase probe la schimbarea clișeelor, expunerea făcîndu-se automat, corelată cu o expunere determinată anterior în vederea stabilirii sensibilității hîrtiei, element care în marea majoritate a cazurilor nu este cunoscut la hîrtiile fotografice livrate amatorilor.

19.1 Principiul reglării automate a timpului de expunere

Dintre cele trei elemente ce determină global expunerea — iluminarea, timpul de expunere și sensibilitatea hîrtiei fotografice, în vederea expunerii automate există posibilitatea de a acționa asupra timpului de expunere sau asupra iluminării. Corelația dintre aceste două mărimi este dată de sensibilitatea hîrtiei fotografice, ce se determină inițial ca la expunerea controlată prin probe sau prin executarea unei sensitograme. Dintre aceste două posibilități, în prima se măsoară iluminarea cu un dispozitiv traductor fotosensibil (de gen luxmetru sau exponometru de laborator) și se acționează asupra dispozitivului ce determină timpul de expunere. Cealaltă modalitate se referă tot la măsurarea iluminării, dar se acționează direct asupra intensității sursei de lumină în vederea stabilirii expunerii corecte. Schema bloc a sistemului de expunere automată este dată în fig. 128.

Traductorul fotosensibil este practic un element optoelectronic — fotorezistență, fotodiodă — care-și schimbă parametrii în funcție de iluminarea hîrtiei fotografice, modificînd corespunzător constanta de timp a dispozitivului de temporizare. Măsurarea iluminării se poate face direct la nivelul hîrtiei sau indirect prin reflexie. Reglarea este considerată automată numai după fixarea în dispozitivul de comandă temporizată a unei valori de referință care este legată de sensibilitatea hîrtiei fotografice.

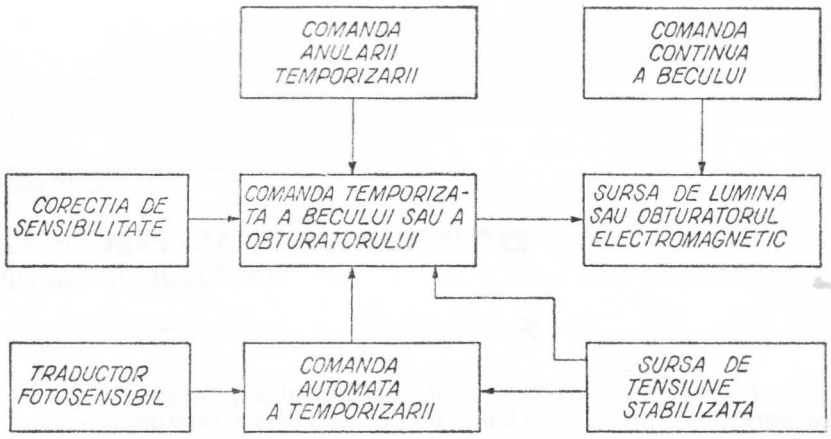


Fig. 128. Schema bloc a sistemului de expunere automată prin reglarea timpului de expunere.

91.2 Ceas de expunere automată cu reglarea timpului de expunere

Pentru exemplificare se prezintă schema unui ceas de expunere care cuprinde elementele de bază ale ceasului de expunere controlată prezentat în cap. 18.5, căruia i s-au făcut modificări pentru introducerea traductorului de iluminare şi a corecţiei de sensibilitate. Sistemul de alimentare de la reţea, comanda directă a becului aparatului de mărit, structura ansamblului de discriminare a pragului şi elementul de execuţie sînt identice cu cele prezentate la expunerea controlată (fig. 129).

Elementul traductor este o fotorezistenţă tip WK-65061 (RSC) avînd rezistenţa de întuneric de 300 kΩ iar rezistenţa de iluminare la 100 lx de 1 —5 kΩ. Introducerea traductorului în circuitul propriu-zis de temporizare se face cu ajutorul unei chei K_f care pe cele două poziţii şuntează fie rezistenţa de protecţie de 1k Ω (expunere automată) fie fotorezistenţa (expunere controlată). Fotorezistenţa se introduce într-o capsulă metalică legată, prin fire prevăzute cu banane, de două borne aflate pe panoul ceasului de expunere. În lipsa fotorezistenţei, prin poziţia corespunzătoare a cheii K_f, se asigură continuitatea circuitului de încărcare a condensatorului (fig. 130).

Comanda de pornire este dată de butonul K_p, constanta de timp a circuitului de descărcare a condensatorului fiind mult mai mică decît timpul de acţionare a releului R. În acest fel se asigură descărcarea completă a condensatorului şi independenţa temporizării de durata apăsării cheii K_p. Comanda anulării se dă prin butonul K_a.

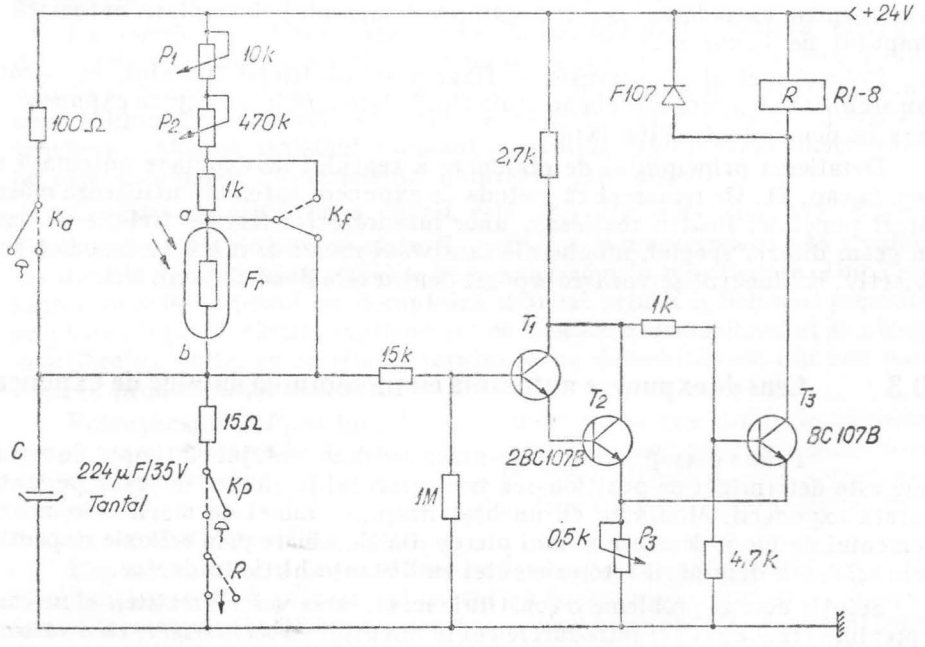


Fig. 129. Schema electrică a unui ceas cu expunere automată.

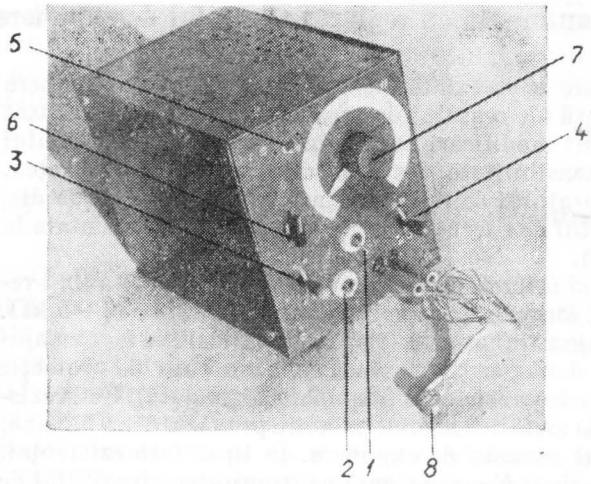


Fig. 130. Ceas de expunere automată cu reglarea timpului de expunere:

1 — întreruptor de rețea (K_r); *2* — întreruptor de alimentare a becului (K_b); *3* — comutator de pornire și oprire a expunerii controlate (poziția de jos (K_p), poziția de sus (K_a); *4* — comutator de selecție a regimului de expunere automată sau controlată (K_f); 5 — bec indicator; *6* — potențiometrul P_1 de fixare a domeniului; *7* — potențiometrul P_2 de reglare a temporizării; *8* — fotorezistență.

Poziționarea traductorului se face pe rama de mărit la nivelul hîrtiei fotografice sau mai comod pe un braț deasupra ramei de mărit, situație în care se primește lumina reflectată de la hîrtie, de un anumit coeficient de reflexie. Etalonările vor fi efectuate evident separat pentru aceste două modalități de poziționare a fotorezistenței.

Potențiometrele P_1 și P_2 vor fi aduse la zero sau fixate la o valoare anumită pentru extinderea sau translatarea domeniului de reglare automată a timpului de expunere.

Potențiometrul P_3 servește la fixarea sensibilității filmului, cunoscută sau stabilită prin probe, scala acestuia fiind etalonată în unități de expunere — lx·s în domeniul 10—100 lx·s.

Detalierea principiului de etalonare a ceasului de expunere automată se face în cap. 21. De remarcat că metoda de expunere automată utilizează măsurători punctale. Pentru realizarea unor măsurători integrale trebuie utilizat un geam difuzor special, montat fie la nivelul ramei de mărit fie imediat sub obiectiv. Etalonările se vor face separat pentru cele două situații.

19.3 Ceas de expunere automată cu memorarea datelor de expunere

Prima exemplificare prezentată are dezavantajul că timpul de expunere este determinat de poziționarea traductorului în cîmpul imaginii pe toată durata expunerii. Montarea pe un braț deasupra ramei de mărit micșorează domeniul de lucru deoarece se mai pierde din iluminare prin reflexie respectiv prin scăderea iluminării fotorezistenței cu distanța hîrtie-traductor.

Soluția acestei probleme o constituie memorarea valorii rezistenței pe care o prezintă traductorul și introducerea ei în circuitul de temporizare cu o valoare fixă, bine determinată (fig. 131).

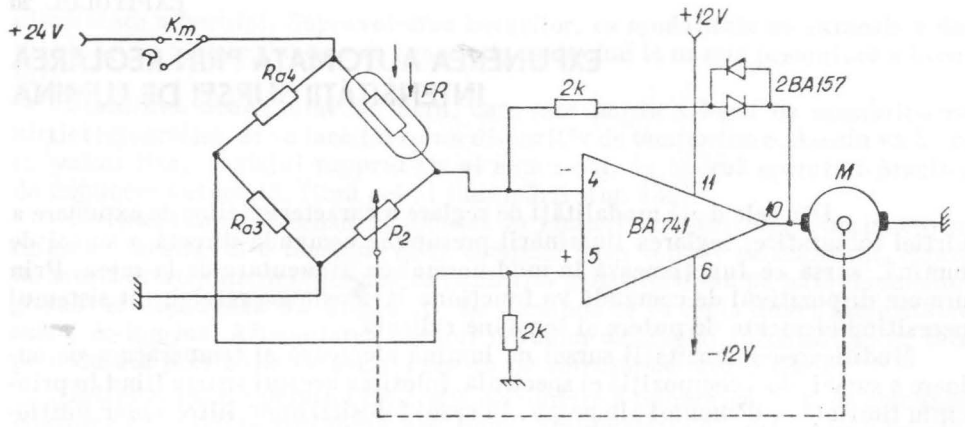


Fig. 131. Schema de memorare a datelor de expunere automată.

Fotorezistența (F_r) este introdusă într-o punte Wheatstone care are în brațul opus un potențiometru comandat de un servomotor de curent continuu (M). Comanda se face prin tensiunea din diagonala punții la închiderea comutatorului K_m. Deoarece comanda servomotorului este posibilă de la o tensiune minimă de 2—3 V, semnalul de comandă se va da prin intermediul unui amplificator operațional, în acest caz de tip βA 741, folosit ca detector de nul într-o buclă de reacție.

La poziționarea fotorezistenței în cîmpul imaginii încadrate, pe o poziție de tonalitate aleasă ca referință, în punte se produce un dezechilibru care comandă servomotorul într-un sens sau altul, în funcție de sensul tensiunii de dezechilibru. Servomotorul va roti potențiometrul P_2 în sensul anulării acestei tensiuni, valoarea rezistenței potențiometrului reprezentînd exact valoarea pe care o prezintă fotorezistența iluminată prin clișeu.

Condiția de echilibru a punții este $R_{a3} \cdot R_{F_r} = R_a \cdot R_{p2}$ sau $R_{p2} = R_{F_r}$. Pentru o precizie ridicată se alege $R_{a3} = R_{a4}$, prin măsurarea exactă a valorilor, iar diodele montate antiparalel se împerechează prin selecționare. După echilibrarea punții, sistemul se decuplează manual prin K_m. Schemei prezentate i se poate atașa un circuit suplimentar de blocare a dispozitivului la atingerea echilibrului, astfel ca inerția motorului să nu dezechilibreze din nou puntea, ceea ce produce mici oscilații.

Potențiometrul P_2 se introduce printr-un comutator dublu în circuitul de temporizare, valoarea lui fiind cea care determină timpul de expunere. Această operație de comutare se poate exclude în cazul utilizării unui potențiometru dublu cu $R'_{p2} = R_{p2}$, cel de-al doilea potențiometru fiind montat direct în schema de temporizare (fig. 129).

Expunerea în continuare se face ca la expunerea controlată. De menționat că potențiometrul P_2 se inserează în schema de comandă a temporizării, așa cum indică schema din fig. 129 cu K_f scurtcircuitînd punctele a și b. Potențiometrul P_1 se poziționează la o valoare corelată cu sensibilitatea hîrtiei fotografice.

EXPUNEREA AUTOMATĂ PRIN REGLAREA INTENSITĂȚII SURSEI DE LUMINA

Din cele două modalități de reglare a caracteristicilor de expunere a hîrtiei fotografice, reglarea iluminării presupune comanda directă a sursei de lumină, sursă ce funcționează în mod normal cu alimentare de la rețea. Prin urmare dispozitivul de comandă va funcționa la tensiunea rețelei, tot sistemul necesitînd elemente de putere și tensiune ridicată.

Modificarea intensității sursei de lumină afectează și temperatura de culoare a sursei, deci compoziția ei spectrală, folosirea acestui sistem fiind în principiu limitată la domeniul alb negru. În cazul folosirii unor filtre color adiționale, cu lungimi de undă bine determinate, reglarea intensității luminii becului poate fi tradusă într-o reglare corespunzătoare a densității. Pe de altă parte, variația intensității poate constitui o modalitate de variație a contrastului, ca sistem de lucru în cazul utilizării hîrtiei cu contrast variabil, fără filtre speciale.

20.1 Principiul reglării automate a intensității sursei de lumină

În acest sistem, ca și în cazul expunerii automate cu reglarea timpului de expunere este nevoie de un traductor fotosensibil care să urmărească nivelul iluminării. Dacă în primul caz limitările erau date de valorile minime de expunere, în acest caz limitarea sistemului este dată de tensiunea nominală de

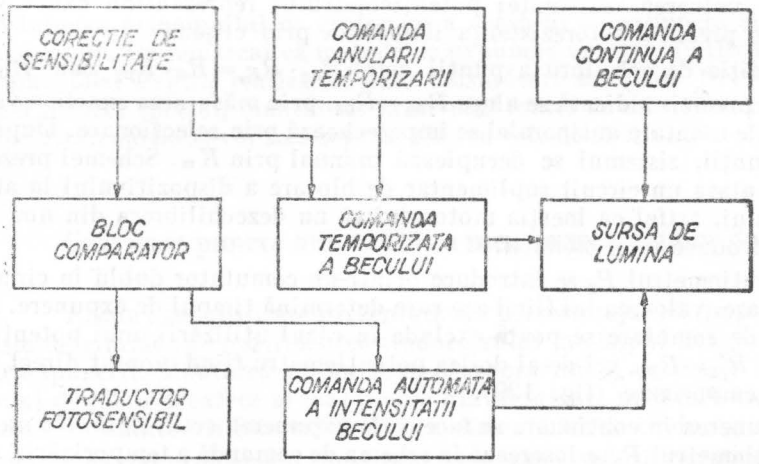


Fig. 132. Schema bloc a sistemului de expunere automată cu reglarea intensității sursei de lumină.

alimentare a becului. Supravoltarea becurilor, ca modalitate de extensie a domeniului de reglare, nu este de conceput, ea ducînd la uzarea prematură a becului.

Stabilirea domeniului de lucru, care este implicit legat de sensibilitatea hîrtiei fotografice, se va face tot cu un dispozitiv de temporizare. Acesta va lucra cu valori fixe, reglajul propriu-zis al expunerii, în cadrul operației practice de expunere automată, fiind cel al iluminării (fig. 132).

Un traductor fotosensibil, montat în cîmpul imaginii sau iluminat prin reflexie, furnizează o tensiune ce se compară cu o valoare de referință, legată de sensibilitatea hîrtiei fotografice (stabilită prin probe sau pe bază de sensitogramă) și acționează un dispozitiv de comandă ce va regla direct intensitatea sursei de lumină. Alimentarea becului în regim de „reglaj automat" se va face pe o durată prestabilă de același sistem de corecție de sensibilitate.

Întregul sistem permite facilități de anulare a temporizării și de comandă continuă a becului pentru încadrare. Regimul subvoltat de funcționare a becului aparatului de mărit sau de putere mai mică față de valorile nominale are în plus efecte de prelungire a duratei de viață a becurilor.

20.2 Comanda intensității becurilor cu tiristoare

Reglarea intensității becurilor cu elemente reostatice acționate manual sau automat constituie o soluție cu un randament scăzut și cu disipări mari de energie. În acest sens comanda tensiunii cu ajutorul tiristoarelor de putere și tensiune adecvată becurilor aparatelor de mărit constituie cea mai eficace modalitate (fig. 133).

Tiristorul, ca element de comandă și control al tensiunii, este alimentat de la rețea, fiind inseriat cu sarcina — în cazul nostru becul aparatului de mărit. Deschiderea tiristorului este asigurată de un generator de impulsuri avînd funcția unui circuit de comandă, iar stingerea tiristorului amorsat se face automat prin schimbarea alternanței tensiunii sinusoidale de alimentare. Generatorul trebuie sincronizat cu frecvența rețelei și în acest caz funcția lui va fi a unui generator autoblocat.

Ca circuit de comandă (fig. 134) se poate utiliza un oscilator de relaxare realizat cu un tranzistor unijoncțiune (*TUJ*) într-un montaj asemănător cu cel folosit la realizarea unor circuite de temporizare (fig. 117).

Tensiunea de alimentare a *TUJ*-ului este furnizată de un redresor monoalternanță (rezistența de limitare R_{lim} și dioda *D*) urmat de dioda Zener *DZ*.

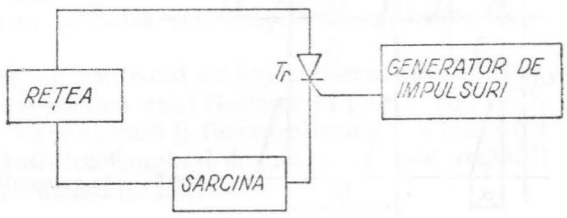


Fig. 133. Principiul de comandă a tensiunii cu tiristor.

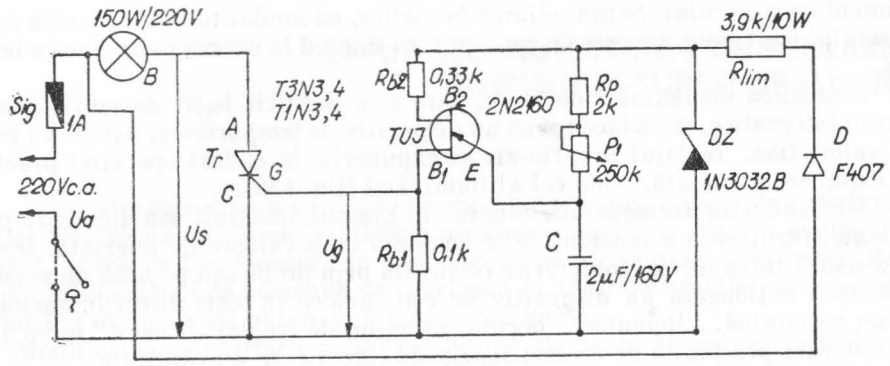


Fig. 134. Schema de comandă sincronă cu tiristor, a intensității becurilor, cu controlul unei singure alternanțe.

Temporizarea la acționare a *TUJ*-ului, ceea ce dictează de fapt deschiderea tiristorului T_r, este reglabilă prin potențiometrul P_1. Temporizarea este dată de relația:

$$T_g = (R_p + P_1) \cdot C \cdot \ln \frac{1}{1-\eta}$$

unde R_p, C, P_1 au valorile indicate în schemă iar η, raportul de divizare intrisec, este dat de raportul $\eta = r_{b1}/r_{bb}$ unde r_{bb}, rezistența interbază, are valoarea $r_{b1}+r_{b2}$. Această temporizare, pentru variații de $\pm 10\%$ ale alimentării, prezintă variații de $\pm 1\%$.

Impulsurile de comandă (U_g), livrate de generator cu o perioadă T_g, asigură deschiderea tiristorului T_r cu un defazaj φ, reglabil cu ajutorul potențiometrului P_1. Modificarea unghiului de conducție al tiristorului (α) echivalează

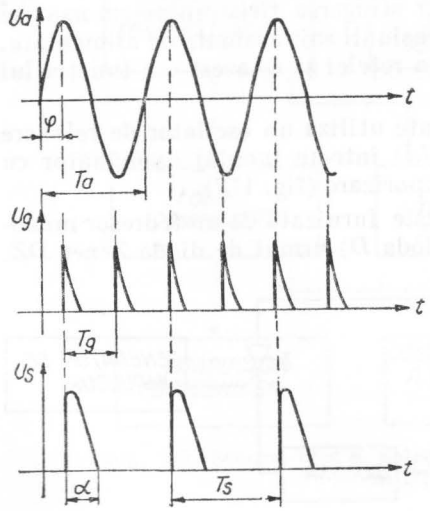


Fig. 135. Caracteristicile tensiunilor din schema de comandă a tensiunii cu tiristor, cu controlul unei singure alternanțe.

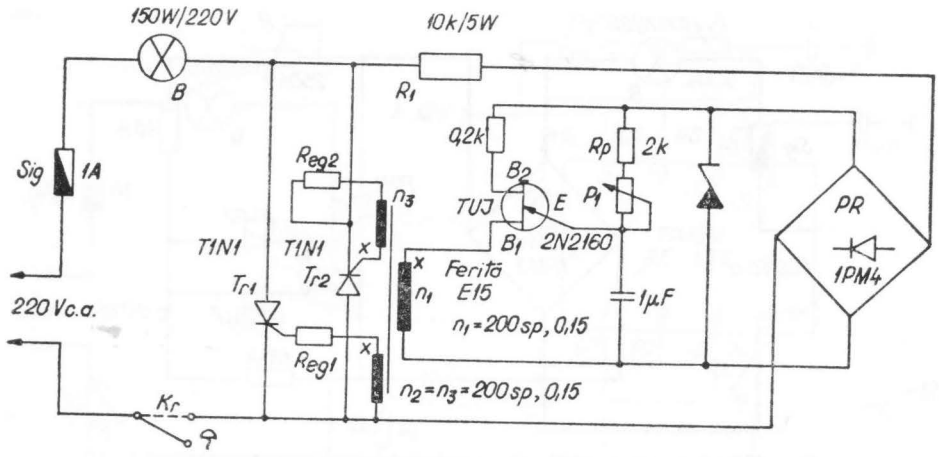


Fig. 136. Schema de comandă cu tiristoare, a intensității luminoase a becurilor, cu controlul ambelor alternanțe.

cu o modificare a intensității becului din circuitul anod-catod al tiristorului. Caracteristicile tensiunii pe sarcină U_s rezultă din corelația tensiunii de rețea (U_a) și a tensiunii de comandă (U_g) (fig. 135).

Deschiderea tiristorului se face cu o întîrziere necesară asigurării tensiunii de alimentare a circuitului de comandă, la care se adaugă temporizarea minimă introdusă de elementele R_p și C din circuitul TUJ-ului. Cu cît φ va fi mai mic și α mai mare, cu atît puterea furnizată sarcinii (becul aparatului de mărit) va fi mai mare.

Schema indicată în fig. 134 asigură, printr-o comandă sincronă controlul unei singure alternanțe. În cazul în care se urmărește controlul ambelor alternanțe, schema devine mai complicată fiind necesară sincronizarea celor două circuite de comandă ale tiristoarelor. Soluția cea mai simplă de sincronizare este cea care utilizează chiar rețeaua de curent alternativ, printr-un redresor dublă alternanță sau în punte (fig. 136).

Generatorul autoblocat, realizat tot cu TUJ se alimentează de la rețea printr-o rezistență de limitare. În circuitul B_1 se află primarul unui transformator de impulsuri care va furniza în secundar impulsuri de comandă, de o polaritate corespunzătoare celor două tiristoare, montate antiparalel. Reglarea unghiului de conducție al tiristoarelor, prin urmare a intensității becului, se face tot cu potențiometrul P_1 din circuitul de temporizare. Transformatorul, pe lîngă comanda în antifază a tiristoarelor, asigură separarea galvanică a circuitului de comandă de circuitul sarcinii. Pentru egalizarea curenților de comandă, în circuitul porții fiecărui tiristor s-au introdus rezistențele de egalizare R_{eg1} și R_{eg2}.

Comanda intensității becurilor, cu controlul ambelor alternanțe se poate realiza și cu un tiristor ce constituie sarcina unui redresor în punte (fig. 137).

Conducția curentului prin sarcină se asigură la fiecare alternanță a tensiunii redresate pe durata conducției tiristorului. Unghiul de conducție este reglabil din potențiometrul P, dar într-un domeniu limitat.

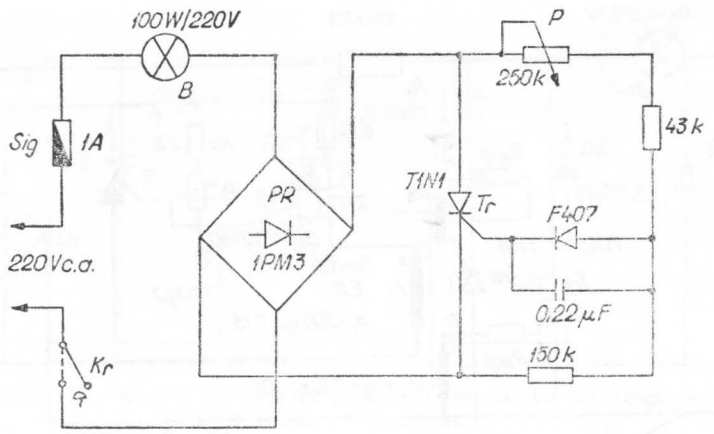


Fig. 137. Schema simplificată de comandă cu tiristor a intensității luminoase a becurilor.

20.3 Comanda intensității becurilor cu triac

Comanda intensității becurilor se poate soluționa mai simplu cu ajutorul triacului, care în principiu este un tiristor a cărui conducție este posibilă în ambele sensuri, la aplicarea unui semnal de comandă. Stingerea triacului se realizează, ca și la tiristoarele utilizate la reglarea tensiunii alternative, prin anularea tensiunii anod-catod. Și în acest caz, pentru o comandă continuă a intensității becurilor și într-un domeniu larg, se impune sincronizarea circuitelor de comandă cu frecvența rețelei (fig. 138).

Din schema de principiu se vede că triacul funcționează ca două tiristoare montate antiparalel, avînd însă o comandă unică. Sensibilitățile de comandă pentru cele două posibilități de alimentare anod-catod (alternanțele c.a.), respectiv pentru polaritățile tensiunii aplicate pe poartă (pozitive sau negative față de anod) sînt diferite. Sensibilitatea este mai ridicată dacă tensiunea aplicată porții triacului este negativă.

În cazul unei comenzi nesincronizate a triacului ca element de comandă se utilizează un circuit integrat liniar βE 555. Tensiunea de comandă este reglabilă din potențiometrul P_2 montat într-un divizor. Frecvența generatorului este determinată de valoarea condensatorului C precum și de elementele divizorului R_3-P_1. Acest ultim divizor determină și factorul de umplere al impulsurilor de comandă generate.

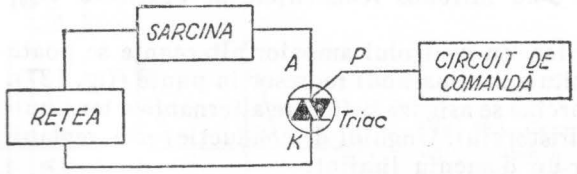


Fig. 138. Principiul de comandă a tensiunii cu triac.

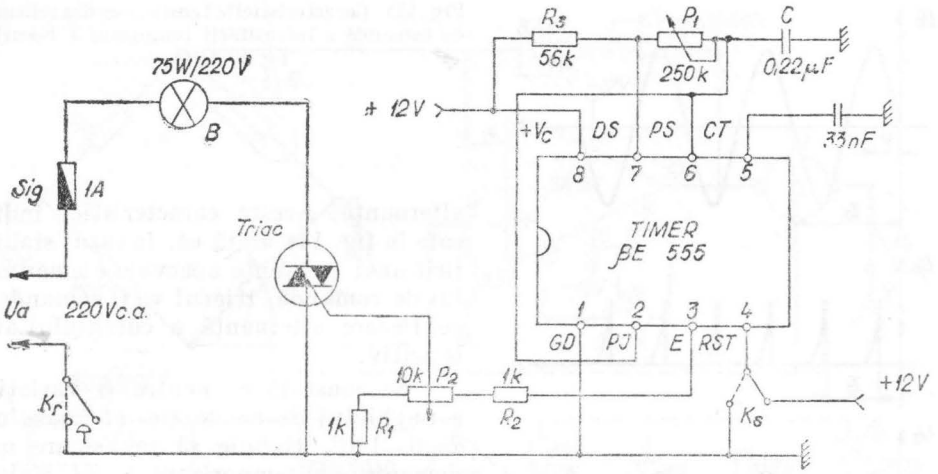


Fig. 139. Schema de comandă a triacului fără sincronizare cu reţeaua.

Pentru o comandă continuă, eficace şi cu randament ridicat se impune sincronizarea generatorului impulsurilor de comandă cu frecvenţa reţelei de alimentare (fig. 140).

Tensiunea de alimentare a TUJ-ului de comandă este furnizată de un redresor în punte şi stabilizată ca limită superioară de o diodă Zener. Tensiunea de comandă a triacului, care va trece prin zero la fiecare alternanţă a tensiunii de reţea U_a, este dată de un transformator a cărui primar se află în circuitul B_1 a *TUJ*-ului. Reglînd corespunzător potenţiometrul P din circuitul de temporizare, se reglează intensitatea luminoasă a becului conectat în serie cu triacul.

Caracteristicile tensiunilor din schema de comandă a intensităţii becului cu triac sînt asemănătoare cu cele date la tiristorul comandat pe o singură

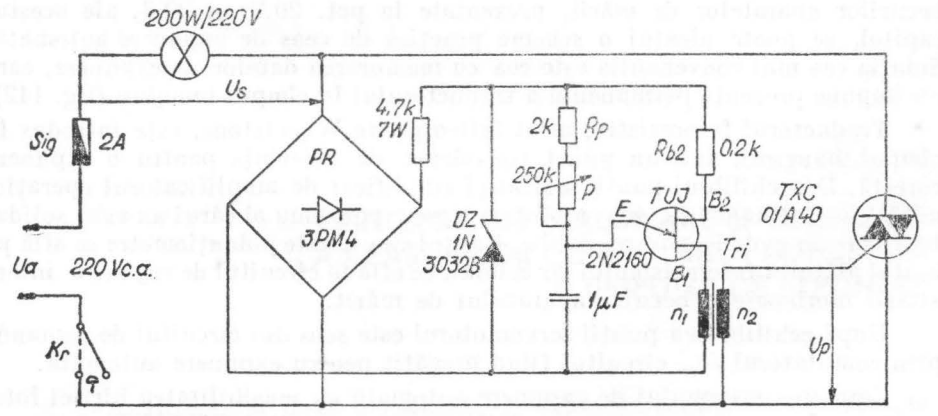


Fig. 140. Schema de comandă a intensităţii luminoase a becurilor cu triac, sincronizat pe ambele alternanţe.

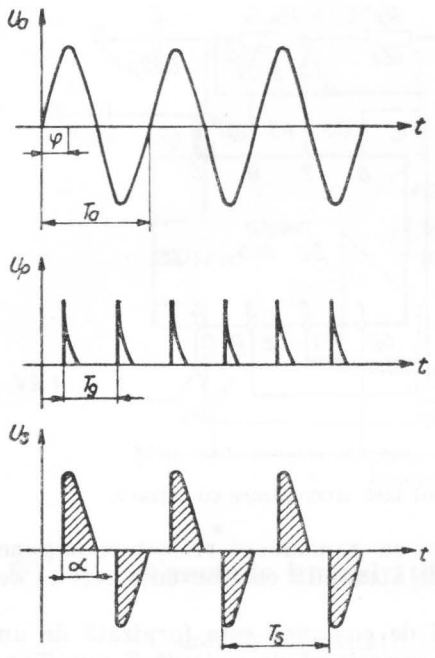


Fig. 141. Caracteristicile tensiunilor din schema de comandă a intensității luminoase a becurilor cu triac.

alternanță. Aceste caracteristici indicate în fig. 141 arată că, în cazul stabilirii unei frecvențe adecvate elementului de comandă, triacul va fi comandat pe fiecare alternanță a curentului alternativ.

Se constată că pentru o variație a unghiului de conducție al triacului $\alpha=0-180°$, trebuie să se asigure un domeniu de temporizare a *TUJ*-ului de comandă de la 0 la 10 ms. Acest domeniu este practic între 0,5 ms și 9,5 ms, ceea ce înseamnă că constanta de timp a circuitului de temporizare trebuie să varieze în limitele de la 1 la 19.

20.4 Ceas de expunere automată cu reglarea intensității sursei de lumină

Pe baza schemei bloc a sistemului de expunere automată prezentate în fig. 132 cît și a modalităților de reglare a intensității luminoase a becurilor aparatelor de mărit, prezentate la pct. 20.2. și 20.3. ale acestui capitol, se poate alcătui o schemă practică de ceas de expunere automată. Soluția cea mai convenabilă este cea cu memorarea datelor de expunere, care nu impune prezența permanentă a traductorului în cîmpul imaginii (fig. 142).

Traductorul fotorezistiv, aflat într-o punte Wheatstone, este introdus în cîmpul imaginii, într-un punct considerat de referință pentru o expunere corectă. Dezechilibrul punții sesizat și amplificat de amplificatorul operațional βA 741 comandă un servomotor de curent continuu al cărui ax este solidar legat de un potențiometru dublu. Primul din aceste potențiometre se află pe brațul alăturat fotorezistenței iar celălalt se află în circuitul de reglare a intensității luminoase a becului aparatului de mărit.

După echilibrarea punții servomotorul este scos din circuitul de comandă prin comutatorul K_0, circuitul fiind pregătit pentru expunere automată.

Corelarea sistemului de expunere automată cu sensibilitatea hîrtiei fotografice se face prin potențiometrul P_s, tot din circuitul *TUJ*-ului, și care se traduce într-o ușoară mărire sau micșorare a unghiului de conducție a triacu-

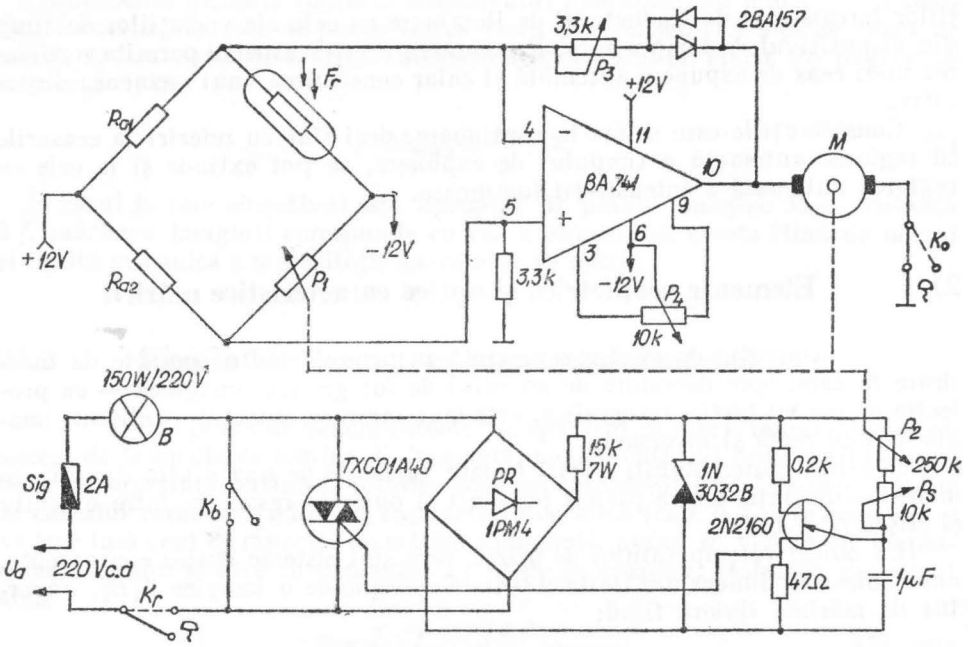


Fig. 142. Schema de expunere automată cu reglarea intensității sursei de lumină.

lui, corespunzătoare unei modificări a intensității luminii becului ce ar da aceeași expunere.

Timpul de expunere este fixat de un dispozitiv de temporizare simplu atașat aparatului de mărit, care dă valori fixe de timpi de expunere. Introducerea corecțiilor de sensibilitate se poate face și la nivelul acestui dispozitiv de temporizare, așa cum s-a indicat în cap. 19.3.

CAPITOLUL 21

PRINCIPIUL DE ETALONARE ȘI VERIFICARE A CEASURILOR CU REGLAREA AUTOMATĂ A TIMPULUI DE EXPUNERE

Analiza celor două modalități de expunere automată s-a făcut la nivel funcțional, fără a lua în considerație elementele geometrice și optice care determină iluminarea și fără a justifica teoretic posibilitatea corelării varia-

ţiilor înregistrate de traductorul de iluminare cu cele ale variaţiilor de timp din dispozitivul de temporizare. Prezentarea acestor aspecte permite verificarea unui ceas de expunere automată şi chiar construirea unui asemenea dispozitiv.

Consideraţiile care se fac în continuare, deşi sînt cu referiri la ceasurile cu reglarea automată a timpului de expunere, se pot extinde şi la cele cu reglarea automată a intensităţii luminoase.

21.1 Elemente geometrice şi optice caracteristice măririi

Operaţia de mărire reprezintă în primul rînd o operaţie de încadrare în care, spre deosebire de aparatul de fotografiat, imaginea — ca proiecţie pe planul hîrtiei fotografice, este mai mare ca obiectul — clişeul, imaginea fiind reală şi inversată.

Pentru a putea stabili măriri liniare variabile pe una dintre direcţii, se modifică distanţa dintre planul imaginii şi obiectiv respectiv între obiectiv şi clişeu (fig. 143).

La obiectivele aparatului de mărit, care sînt sisteme optice convergente, unui obiect de dimensiuni finite AB îi va corespunde o imagine A_1B_1, raportul de mărime liniară fiind:

$$M=\frac{L_1}{L_2}=\frac{f}{x_1}=\frac{x_2}{f}=\frac{a_2}{a_1} \qquad (1)$$

Din aceste relaţii, rezultă formula lui Newton:

$$x_1 \cdot x_2=f^2 \qquad (2)$$

şi formula lui Gauss

$$\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}=\frac{1}{f} \qquad (3)$$

Distanţa dintre imagine şi clişeu este: $L=x_1+2f+c+x_2$ (4).

Considerînd grosimea lentilei obiectivului neglijabilă în raport ca celelalte mărimi, înlocuind în relaţia (4) valorile $x_1=\frac{f}{M}$ şi $x_2=f\cdot M$.

Rezultă:

$$L=f\left(M+\frac{1}{M}+2\right) \qquad (5)$$

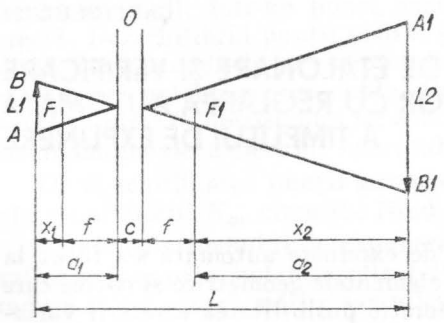


Fig. 143. Schema formării imaginii prin obiectivul aparatului de mărit.

Cunoscînd distanţa focală a obiectivului aparatului de mărit (f) şi înălţimea maximă la care se poate ridica rama port clişeu (L) faţă de rama de mărit, se poate stabili mărirea maximă a aparatului de mărit (se neglijează termenul $1/M$):

$$M_{max} = \frac{L}{f} - 2 \tag{6}$$

În cazul în care obiectivul este apropiat de planul imagine la o distanţă $2f$, mărimea imaginii corespunde cu cea a obiectului, acesta fiind de obicei şi limita mecanică a majorităţii aparatelor de mărit.

21.2 Elementele fotometrice caracteristice măririi

Din punct de vedere fotometric aparatul de mărit reprezintă tot un sistem de fascicule de lumină diafragmată, pentru calculul iluminării elementelor de suprafaţă putînd fi folosite aceleaşi consideraţii [23] ca cele folosite la calculul caracteristicilor de expunere fotografică (cap. 6.3.). În acest caz se va ţine însă cont de raportul de mărire a imaginii, avînd în vedere că amplasarea clişeului se face în domeniul $2f-f$ de la obiectiv. Relaţiile de calcul sînt:

$$E = \frac{\pi}{4} \cdot L \cdot \tau \cdot \left(\frac{d}{f}\right)^2 \cdot \left(\frac{M}{M+1}\right)^2 \tag{7}$$ sau

$$E = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{L}{N_\tau^2} \cdot \left(\frac{M}{M+1}\right)^2 \tag{8}$$

unde E reprezintă iluminarea hîrtiei fotografice, L este luminanţa sursei (în cazul nostru luminanţa clişeului iluminat de becul aparatului de mărit), N_τ — luminozitatea fotometrică a obiectivului ce include şi coeficientul de transmisie a obiectivului respectiv, iar M — raportul de mărire liniară determinat de încadratura aleasă.

În acest caz, expunerea hîrtiei fotografice va fi:

$$H = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{L \cdot t}{N_\tau^2} \left(M + \frac{1}{M}\right)^2 \tag{9}$$

iar timpul de expunere va fi dat de relaţia:

$$t = \frac{4H \cdot N_\tau^2}{\pi \cdot L} \cdot \frac{1}{\left(M + \frac{1}{M}\right)^2} \tag{10}$$

Aceste consideraţii sînt valabile pentru imaginea situată în zona axei optice, pentru elementele de suprafaţă din afara axei optice putînd interveni pe lîngă efectul vignetării şi cel al scăderii iluminării de la centru spre marginea imaginii.

Din relaţiile (9) şi (10) se deduce faptul că pentru o mărire liniară (M) aleasă prin încadrare şi pentru o hîrtie fotografică de o anumită sensibili-

tate exprimată prin H, reglarea timpului de expunere se poate face direct în funcţie de luminanţa clişeului, celelalte elemente în această situaţie reprezentînd o constantă. Clişeul sau negativul reprezintă în acest caz sursa de lumină ce intervine în calcul, el acţionînd la iluminarea hîrtiei fotografice prin transparenţă.

Din punct de vedere practic, cea mai simplă metodă de a pune în concordanţă elementele expunerii, este aceea de a urmări direct iluminarea la nivelul hîrtiei cu un traductor optoelectronic şi de a modifica timpul de expunere în funcţie de indicaţiile acestuia.

Analiza ce urmează se referă la datele concrete ale unui sistem de expunere automată cu reglarea timpului de expunere.

21.3 Caracteristicile fotometrice ale traductorului

Ca traductor optoelectronic, se alege o fotorezistenţă CdSe, a cărei rezistenţă (cap. 4.1.) variază în funcţie de iluminare după formula $R=A\cdot E^{\alpha}$ unde A şi α sînt constante de material.

În cazul în care se foloseşte o fotorezistenţă de tipul WK-650-61 (RSC) curba de variaţie a rezistenţei indică, pentru un domeniu uzual de iluminări mici date de clişee mediu tonate, o zonă de liniaritate (fig. 144).

Pentru o expunere corectă, indiferent de tipul clişeului, la o anumită hîrtie fotografică $H=Ct$, variaţia $E=f(t)$ a hîrtiei fiind asemănătoare cu cea a fotorezistenţei $E=f(R)$ (fig. 145).

Expunerea $H=24$ lx·s, corespunzătoare unei hîrtii bromură normală ORWO, a fost determinată pe baza unei sensitograme şi reconfirmată prin probe.

Pentru a reproduce fidel prin sistemul de expunere automată caracteristica de expunere $H=24$ lx·s, curba de variaţie a rezistenţei traductorului funcţie de „timp" poate fi extrasă prin comparaţia celor două caracteristici (fig. 144 şi fig. 145) rezultînd o caracteristică cvasiliniară (fig. 146).

Panta acestei curbe este tg $\alpha=1/10$ s/kΩ, ecuaţia ei fiind dată de relaţia $H(R)=\frac{1}{10}\cdot R$ s/kΩ.

Pentru o familie de curbe E (lx)$=f(t)$ ce corespund unor hîrtii fotografice de sensibilităţi diferite va corespunde o familie de curbe $t=f(R)$ caracterizate prin pante diferite.

Avînd în vedere că sistemul de reglare automată a expunerii s-a bazat (aşa cum a fost prezentat în cap. 19.2) pe inserarea fotorezistenţei în circuitul de încărcare a condensatorului, este suficient să se realizeze încărcarea condensatorului cu o variaţie proporţională cu timpul, avînd gradientul curbei corespunzător sensibilităţii hîrtiei (în cazul hîrtiei ORWO normale de tip WN 111 cu $H=24$ lx·s, gradientul este $\frac{1}{10}$ s/kΩ).

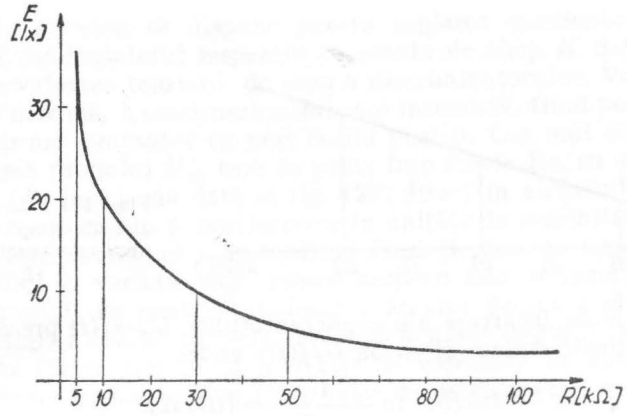


Fig. 144. Caracteristica iluminare-rezistență a fotorezistenței WK-650-61.

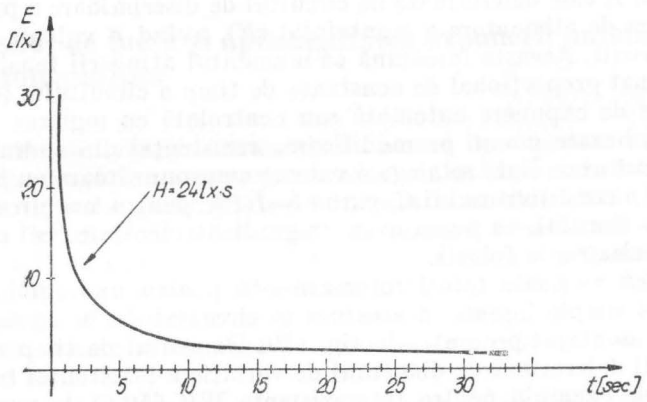


Fig. 145. Caracteristica iluminare-timp la o expunere constantă.

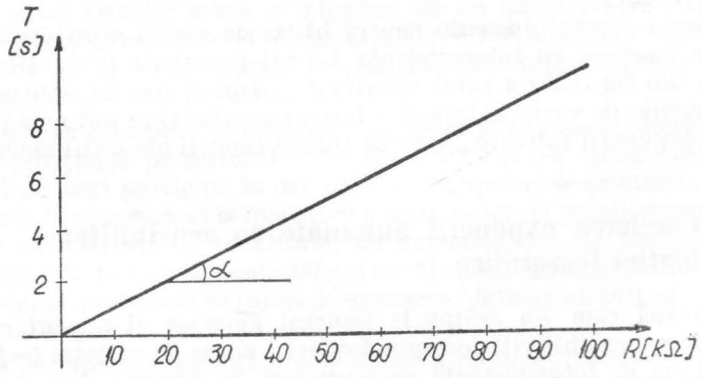


Fig. 146. Caracteristica „rezistență-timp" necesară la o expunere automată folosind fotorezistența WK-650-61.

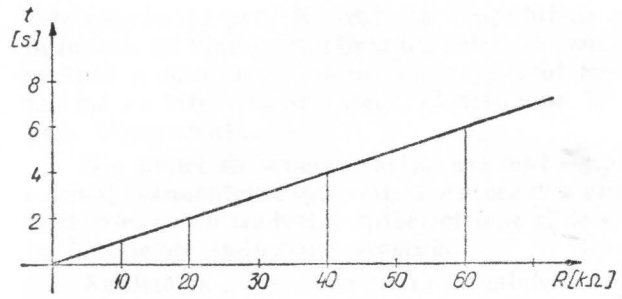


Fig. 147. Caracteristica „rezistență-timp" la încărcarea unui condensator de 200 μF și $K=0,5$.

Din curbele de încărcare ale condensatorului $U_c=f(t)$ prezentate în fig. 108 și 112, se poate deduce și curba $t=f(R)$ unde:

$$t=RC\cdot\ln\frac{1}{1-\frac{U_c}{E}}=RC\cdot K.$$

Constanta K este determinată de circuitul de discriminare a pragului (U_c) și de tensiunea de alimentare a montajului (E), avînd o valoare dată pentru un anumit circuit. Aceasta înseamnă că momentul atingerii tensiunii de prag va fi determinat proporțional de constanta de timp a circuitului (fig. 147).

Sistemele de expunere automată sau controlată cu reglarea timpului de expunere sînt bazate numai pe modificarea rezistenței din cadrul constantei de timp a circuitului. Dacă se alege o valoare corespunzătoare nu numai a pragului U_c ci și a condensatorului C, curba $t=f(R)$, pentru un circuit de încărcare a condensatorului, va putea avea un gradient identic cu cel cerut de traductorul optoelectronic folosit.

Rezultă că se poate folosi fotorezistența pentru un reglaj automat al expunerii prin simpla inserare a acestuia în circuitul de încărcare a condensatorului din montajul prezentat în fig. 129. Domeniul de timp de expunere automată va fi determinat de domeniul de variație a rezistenței traductorului fotosensibil (de exemplu pentru fotorezistența WK-650-61 la variația de 5—200 kΩ corespunde un domeniu de variație automată a timpului de expunere de la 0,5 s la 20 s).

Extinderea acestui domeniu pentru hîrtie de aceași sensibilitate se face prin simpla inseriere cu fotorezistența a unei rezistențe (potențiometrul P_2 din schema din fig. 129) a cărei valoare este cunoscută. Se utilizează astfel întregul domeniu de variație liniară a fotorezistenței și se pot reda prin reglaj automat al expunerii întreaga gamă de tonuri cenușii ale unui anumit clișeu.

21.4 Corelarea expunerii automate cu sensibilitatea hîrtiei fotografice

După cum s-a arătat la punctul anterior al acestui capitol, la hîrtii de diverse sensibilități corespund diferite curbe de variație $t=f(R)$, folosind același tip de fotorezistență ca traductor. Se impune deci reproducerea acestei familii de curbe în circuitul dispozitivului de temporizare.

Elementele de care se dispune pentru reglarea gradientului curbelor $t_{exp}=f(R)$ sînt condensatorul respectiv constanta de timp K determinată în primul rînd de valoarea tensiunii de prag a discriminatorului. Variația, chiar cu un ordin de mărime, a condensatorului este incomodă, fiind posibilă numai în trepte printr-un comutator cu mai multe poziții. Cea mai simplă soluție este deci reglarea pragului U_c, care se poate face foarte fin cu ajutorul unui potențiometru (P_3 în schema dată în fig. 129) direct în circuitul discriminatorului. Etalonarea acestui potențiometru în unități de sensibilitate a hîrtiei fotografice se face cunoscînd sau stabilind H-ul fiecărui sortiment de hîrtie folosit. Domeniul de variație care trebuie acoperit este în general de 1 lx la 100 lx. Este posibil ca pentru satisfacerea acestui domeniu să se modifice și valoarea inițială a condensatorului. Aceasta depinde de tipul fotorezistenței utilizate. Toate etalonările de timp efectiv de expunere în domeniul 0,2—10 s trebuie făcute cu dispozitive electronice de precizie (cronometre electronice).

21.5 Modul de lucru și aplicabilitatea expunerii automate a fotografiilor

Modul de lucru cu sistemele automate de expunere este legat în primul rînd de poziționarea corectă a traductorului iluminare-fotorezistență. Traductorul în timpul expunerii poate fi montat la nivelul hîrtiei fotografice, într-o parte a imaginii de o tonalitate de cenușiu considerată convenabilă și care nu se află în cadrul imaginii selectate. Deoarece această modalitate poate fi incomodă, iar la încadrarea imaginii întregi nu este posibil de aplicat, o altă soluție o constituie montarea fotorezistenței pe un braț orientat spre hîrtie, caz în care se lucrează pe baza luminii reflectate de hîrtia fotografică.

Dacă în primul caz se selectează un selector de imagine, fiind o iluminare directă ce depinde de mărimea suprafeței fotosensibile a traductorului, în cea de a doua situație avem o integrare de un anumit nivel, fiecare din modalități avînd avantajele și dezavantajele ei. Etalonările vor fi făcute separat pentru aceste două moduri de poziționare a traductorului, indiferent de tipul expunerii automate utilizate.

La expunerea automată cu memorarea datelor de expunere, după ce traductorul a fost poziționat pe sectorul de imagine dorit și s-a înregistrat valoarea de lucru, el nu mai participă la determinarea timpului de expunere. Este de o mare utilitate în aprecierea comparativă a sectoarelor de imagine care urmează să fie alese ca referință de tonalitate, un exponometru sau un luxmetru de laborator. Această testare se poate face și cu ajutorul fotorezistenței conectată printr-o cheie, de pe panoul ceasului de expunere, într-un circuit cu instrument indicator (nefigurat în schema din fig. 129).

Metoda de expunere automată este deosebit de avantajoasă la serii de fotografii de diverse tonalități care trebuie expuse rapid, cu dese modificări la încadrare, la mărire. De asemenea expunerea automată poate fi utilă pentru

cei ce lucrează la intervale mai mari, cînd se pierde obișnuința aprecierii exacte, „din ochi", a timpului de expunere sau în cazul unor clișee cu densități optice extreme.

Aparent mai complicată, această metodă de expunere își va arăta performanțele, care pot fi extinse, lucrînd efectiv, precizia expunerii hîrtiei fiind la fel de importantă pentru produsul finit ca cea a expunerii negativelor.

21.6 Întreținerea și verificarea ceasurilor de expunere electronice

Ceasurile de expunere, chiar în formele cele mai perfecționate, înglobează dispozitive electronice relativ simple, a căror precizie în funcționare este dictată în cea mai mare măsură de modul de etalonare. Întreținerea ceasurilor de expunere electronice, prin urmare nu ridică probleme deosebite, manipularea, chiar în cazul unor greșeli, neavînd alte consecințe decît erori de expunere ale hîrtiei.

Traductorul fotorezistiv sau de alt tip trebuie ferit de șocuri, iluminări puternice și de tensiuni accidentale ridicate.

Tensiunile ridicate din partea de execuție, de comandă directă prin contacte de releu, tiristoare sau triace a surselor de lumină a aparatelor de mărit impun o deosebită atenție la manipulare pentru a se evita scurtcircuite sau electrocutări.

Variația temperaturii de lucru din încăperile laboratoarelor fotografice nu introduce erori foarte mari, stabilitatea valorilor componentelor folosite în acest domeniu de temperatură fiind bună.

În cazul în care un ceas de expunere electronic nu funcționează, se verifică următoarele elemente. Verificarea se face pe porțiuni de schemă.

Verificarea sistemului de alimentare se face cu ajutorul unui voltmetru de curent alternativ, pentru măsurarea rețelei și a părții de comandă a sursei de iluminare, respectiv cu un voltmetru de curent continuu pentru partea de alimentare stabilizată a montajului electronic. În cazul lipsei acestei tensiuni se verifică integritatea siguranțelor din alternativ și continuu și starea indicatoarelor optice de funcționare de pe partea de alternativ și continuu a sursei de alimentare. Defecțiunile pot fi cauzate de întreruperea unei legături, un scurtcircuit între fire la transformatorul de alimentare (se încălzește), străpungerea condensatorului de filtrare pe alternativ sau străpungerea prin supratensiune sau ambalare termică a tranzistorului regulator din stabilizatorul de tensiune continuă.

Verificarea elementului de execuție se face direct prin acționarea dispozitivului de temporizare cu reglajul adus la zero și cu circuitul de comandă a anulării temporizării. În caz de nefuncționare se verifică starea contactelor butonului de comandă, integritatea circuitului și starea tranzistoarelor de comandă.

Verificarea dispozitivului de temporizare se face prin verificarea etalonării ceasului de expunere cu ajutorul unui cronometru electronic pentru toate indicațiile de timpi de expunere preselectați. În cazul ceasurilor cu expunere auto-

mată se verifică etalonarea timpului de expunere pentru diferite scări de sensibilitate cu ajutorul unui luxmetru cu care se determină iluminarea și cu ajutorul unui cronometru cu care se măsoară exact timpul de expunere.

Verificarea circuitelor auxiliare — de semnalizarea acustică repetitivă, de fine de proces sau de semnalizare pe intervale, se face prin verificarea circuitului respectiv, începînd de la alimentare pînă la difuzor, bec de avertizare sau capsulă receptoare, cu ajutorul unui osciloscop sau al unui voltmetru cu impedanță mare de intrare pentru a nu influența circuitele de temporizare.

21.7 Realizarea unui ceas electronic cu expunere automată

Schemele funcționale prezentate precum și principiile de etalonare și verificare indicate au pus în evidență elementele necesare proiectării și realizării unui ceas de expunere automată sau controlată, ca unul din cele mai utile instrumente de lucru din laboratorul fotoamatorului. Ceasul de expunere fiind un accesoriu de laborator, realizarea lui nu ridică probleme privind gabaritul sau aspectul estetico-ergonomic. În acest, sens etapele de realizare ar fi următoarele:

— *Alegerea traductorului fotosensibil* — o fotorezistență cu un domeniu de variație proporțională cu iluminarea cît mai mare. De performanțele traductorului depinde și domeniul în care se poate realiza expunerea automată.

— *Alegerea elementului de execuție* capabil să comande sursa luminoasă de o anumită putere a becului aparatului de mărit.

— *Alegerea unor comutatoare sau chei* cu trei poziții pentru a asigura o comoditate mai mare privind acționările de bază — de pornire a dispozitivului de temporizare, anularea acestuia și comanda directă a sursei de lumină.

— *Alegerea potențiometrelor de reglaj* de tip liniar și cu un domeniu de variație, care împreună cu valori normale de condensatoare (100—500 μF), să poată acoperi o gamă de timpi de expunere de circa 60 s).

— *Alegerea unor condensatoare de mare stabilitate* a parametrilor (de exemplu, tantal), pentru a asigura o precizie ridicată a timpului de expunere și constanța acestuia în timp și la variațiile de temperatură.

— *Proiectarea sursei de tensiune stabilizată* a cărei primă condiție va fi stabilitatea tensiunii de alimentare, variațiile sarcinii nefiind mari la aceste sisteme.

— *Proiectarea dispozitivului de temporizare*, a discriminatorului de nivel și a elementului de execuție (releu de comandă a sursei de lumină sau obturator electromagnetic).

— *Etalonarea dispozitivului de temporizare* pentru cele două game de expunere 0,2 s—1 s și 1 s—60 s, în cazul expunerii controlate.

— *Etalonarea ceasului de expunere automată* pentru diferite sensibilități ale hîrtiei fotografice, conform indicațiilor din acest capitol pct. 21.3 și 21.4.

Indicațiile generale de care trebuie să se țină cont la realizarea ceasurilor de expunere pot fi găsite și în cap. 18.4.

CAPITOLUL 22

CRONOMETRU ELECTRONIC CU FUNCȚII MULTIPLE

Toate procesele ce caracterizează expunerea și prelucrarea materialelor fotografice se fac pe durate bine determinate. Urmărirea cu precizie a acestor durate constituie de multe ori o condiție pentru exploatarea cu succes a proprietăților materialelor fotografice. Cronometrul nu va fi un simplu ceas, ci va constitui un dispozitiv complex, cu afișarea numerică a celor mai mici timpi uzuali în fotografie și va permite facilități de interconectare cu procesele fotografice atît pentru măsură cît și pentru control.

În acest capitol se prezintă realizarea și utilizarea unui cronometru electronic în condițiile specifice laboratorului fotografic. O parte din aceste utilizări ale cronometrului au și fost prezentate pe parcurs.

22.1 Principiul de măsurare a timpului cu dispozitive electronice

Utilizarea dispozitivelor electronice-tuburi, tranzistoare, circuite integrate, a modificat substanțial principiul de măsurare și afișare a timpului, parametru ce caracterizează de fapt un cronometru.

Cronometrele electronice, chiar dacă utilizează diverse dispozitive electronice, au un principiu de măsurare a timpului comun. Baza de timp este furnizată de un generator de tact, ce poate fi un oscilator cu cuarț (pentru un cronometru de precizie mai ridicată), un oscilator cu tranzistoare, cu circuite integrate sau rețeaua de *c.a.* de alimentare a cronometrului (fig. 148).

Unitățile de timp ale cronometrului sînt realizate cu ajutorul divizoarelor de frecvență. Numărul acestor divizoare depinde de domeniul de timp ce urmează să fie afișat. Astfel pentru un cronometru obișnuit de laborator uni-

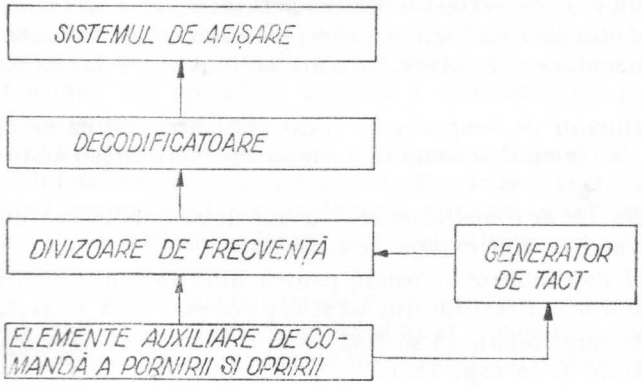


Fig. 148. Schema bloc a unui dispozitiv electronic de măsurare a timpului.

tăţile de zecimi de secundă, secunde, zeci de secunde şi minute sînt satifsăcătoare. Pentru măsurători legate de expunerile peliculei sau de fulgerele electronice, domeniul de măsură trebuie să fie de ordinul miimilor de secundă pînă la secunde.

Sistemul de afişare cifrică a timpului se conectează la divizoarele de frecvenţă prin intermediul unor decodificatoare şi al unor elemente de comandă proprii sistemului de afişaj.

Elemente auxiliare de comandă a pornirii şi opririi cronometrului leagă dispozitivul, în anumite condiţii, de procesele fotografice pentru a le determina durata. Tot ca elemente auxiliare se consideră cele care asigură, într-o anumită variantă, afişajul dinamic al timpului măsurat.

Pe sistemul de afişare a cronometrului va apărea marcat, după pornire, modificarea timpului. Oprirea cronometrului poate fi manuală sau automată. O nouă iniţializare a pornirii va fi precedată de ştergerea indicaţiei anterioare.

22.2 Cronometru electronic cu afişaj dinamic

Pentru utilizările practice de laborator, un cronometru nu trebuie să asigure o precizie ridicată, avînd în vedere că marea majoritate a modificărilor de timp, în funcţie de caracteristicile materialelor fotografice, sînt relative. În acest sens, un cronometru proiectat pentru domeniul de timp zecimi de secundă-minute, în care se foloseşte ca generator de tact reţeaua sau un oscilator cu tranzistoare, se poate considera satisfăcător.

Elementul care asigură o relativă economie, mai ales în numărul decodificatoarelor utilizate respectiv a driverelor pentru afişare, este afişarea dinamică a indicaţiilor de timp. Accesul informaţiei la elementele de afişaj nu se mai face în acest caz continuu ci eşantionat, în timp, comanda afişării fiind asigurată de un generator cu frecvenţă variabilă. Depăşirea frecvenţei de 40—50 Hz va crea la afişare senzaţia continuităţii avînd în vedere inerţia fixării imaginii pe retină. Frecvenţa generatorului de tact va fi un multiplu al acestei frecvenţe prin numărul decadelor utilizate la afişare.

Practic, afişajul dinamic constituie un sistem de multiplexare în timp, fără circuite specializate, ce permite utilizarea unui singur decodificator indiferent de numărul unităţilor de afişaj. Numărul celulelor de afişaj este limitat de nivelul strălucirii minime a indicaţiei afişoarelor (Nixie sau 7 segmente), avînd în vedere comanda în impulsuri, de un nivel ce nu poate depăşi valorile maxim admisibile pentru acţionări de scurtă durată. Schema bloc a cronometrului cu afişaj dinamic este dată în fig. 149.

Ca generator de tact pentru sistemul de numărare s-a folosit reţeaua, urmat de un formator cu funcţie de monostabil realizat cu circuitul integrat CDB 4121. Divizoarele de 5, 6, 10 sînt realizate cu circuite numărătoare de 16, CDB 493 sau numărătoare zecimale CDB 490. Ieşirile acestor divizoare-numărătoare, puse în corespondenţă cu tactele de afişaj dinamic (T_1, T_2, T_3, T_4) prin circuitele de coincidenţă 4 SI cu 2 intrări de tip CDB 408, comandă divizat în timp un decodificator comun binar-zecimal de tip CDB 442. Ieşi-

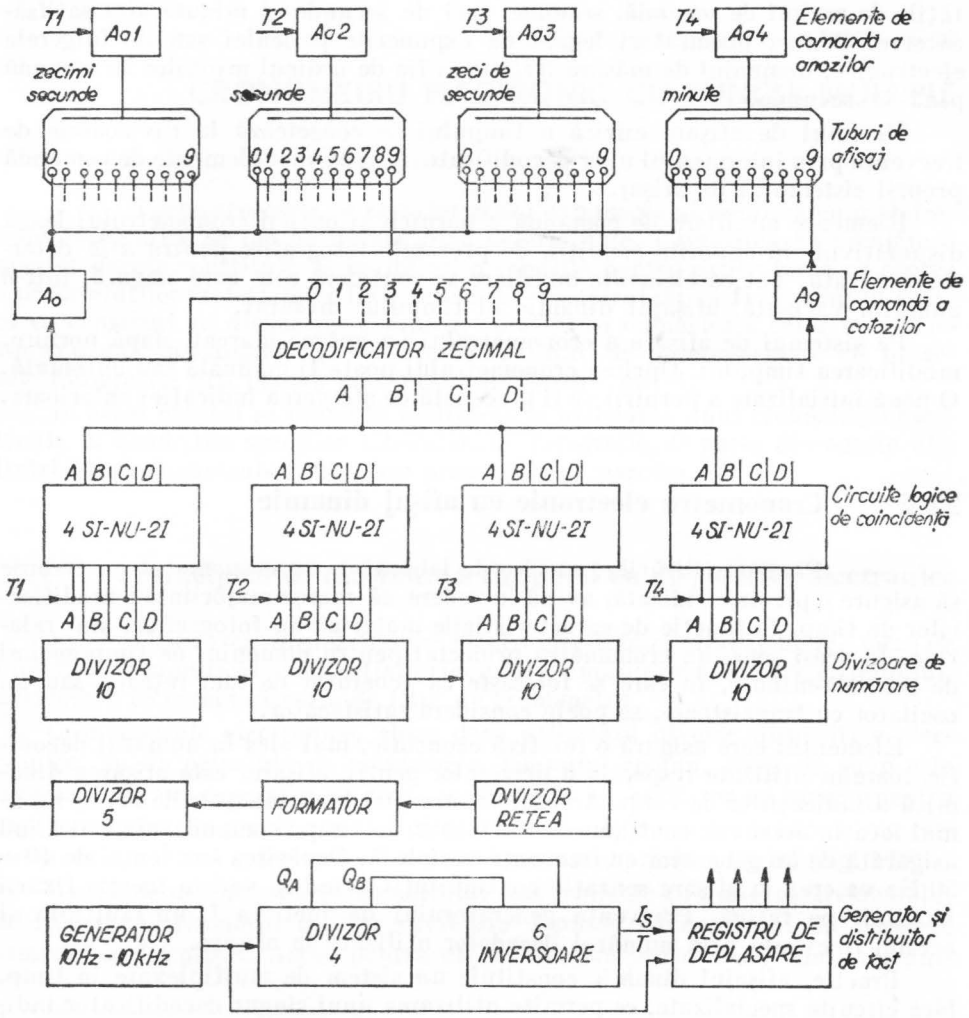
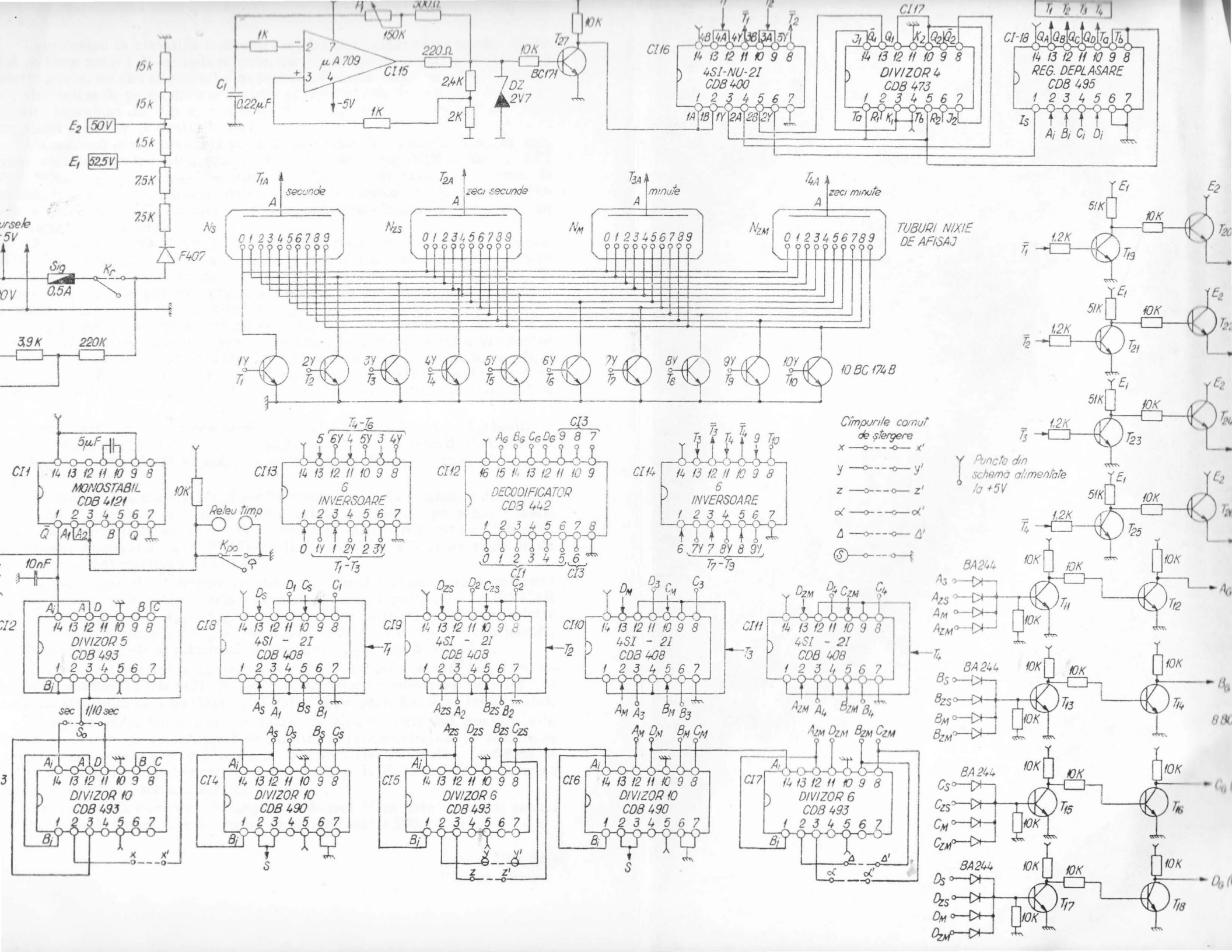


Fig. 149. Schema bloc a cronometrului cu afişaj dinamic.

rile acestuia comandă catozii filamentelor tuburilor NIXIE de afişaj prin intermediul elementelor de comandă $A_0 - A_9$. Anozii tuburilor de afişaj sînt deblocaţi tot în ritmul tactelor de afişaj T_1, T_2, T_3, T_4, prin elementele de comandă $A_{a1} - A_{a4}$.

Generatorul tactelor de afişaj, realizat cu circuitul integrat μA 709, furnizează o frecvenţă variabilă în domeniul 10 Hz—10 kHz. Cele patru tacte de afişaj se obţin dintr-un divizor numărător, realizat cu circuitul CDB 473 de tip 2 JK, urmat de un inversor şi un registru de deplasare CDB 495. Schema electrică de principiu a cronometrului cu afişaj dinamic este dată în fig. 150.



μA 709
CI15
BC171
DZ 2V7
CI16
4SI-NU-2I
CDB 400
CI17
DIVIZOR 4
CDB 473
CI-18
REG. DEPLASARE
CDB 495
secunde
zeci secunde
minute
zeci minute
TUBURI NIXIE DE AFISAJ
10 BC 174 B
F407
Sig 0,5A
Kr
CI1
MONOSTABIL
CDB 4121
Releu timp
Kpo
CI13
6 INVERSOARE
CI12
DECODIFICATOR
CDB 442
CI14
6 INVERSOARE
Cîmpurile comut de ştergere
Puncte din schemă alimentate la +5V
CI2
DIVIZOR 5
CDB 493
CI8
4SI - 2I
CDB 408
CI9
4SI - 2I
CDB 408
CI10
4SI - 2I
CDB 408
CI11
4SI - 2I
CDB 408
sec 1/10 sec
DIVIZOR 10
CDB 493
CI4
DIVIZOR 10
CDB 490
CI5
DIVIZOR 6
CDB 493
CI6
DIVIZOR 10
CDB 490
CI7
DIVIZOR 6
CDB 493
BA244

Considerînd că variaţiile frecvenţei reţelei sînt neînsemnate pentru domeniul de timp zecimi de secundă-minute, iar măsurătorile se referă la intervale relativ scurte, s-a ales ca generator de tact de numărare chiar reţeaua. Impulsurile sînt culese de pe un divizor rezistiv şi sînt aplicate la intrarea B a unui circuit basculant de tip monostabil (C I1). La ieşirea acestuia se obţin impulsuri calibrate compatibile TTL.

Un redresor monoalternanţă şi un divizor rezistiv constituie sursa de tensiune ridicată pentru alimentarea tuburilor de afişaj NIXIE de tip ITT 5870 S(N_S, N_{ZS}, N_M, N_{ZM}). Se elimină astfel transformatorul de reţea, în schimb intervin toate dezavantajele alimentării directe de tip rezistiv. Sursele de +5 V şi −5 V, folosite pentru alimentarea circuitelor integrate, nu sînt figurate în schemă.

Divizoarele numărătoare (CI4—CI7) sînt realizate cu circuite integrate CDB 490 şi CDB 493. În cazul utilizării numai a divizoarelor-numărătoare zecimale, schema de comandă a ştergerii numărătoarelor se simplifică. În schema din fig. 150 pentru ştergere s-a folosit un comutator cu 6 cîmpuri a 2 poziţii, eroarea de măsură fiind de $\pm$0,1 s.

Legăturile dintre numărătoare şi circuitele de coincidenţă SI (CI 8—CI11), realizate cu CDB 408, permite punerea în corespondenţă a momentului utilizării unicului decodificator din schemă cu cele patru tacte de afişaj (T_1-T_4 sau $T_{1a}-T_{4a}$). Comanda propriu-zisă a decodificatorului se face prin intermediul unor circuite SAU—NU, realizate cu tranzistoare BC 171 A ($T_{11}-T_{18}$).

Logica acţionării elementelor de comandă a afişoarelor (A_0-A_9) realizate cu tranzistoare BC 174 B (T_1-T_{10}), se stabileşte cu inversoarele de tip CDB 404 (CI13-CI14), comanda fiind comună pentru cifrele de acelaşi rang al tuturor tuburilor de afişaj.

Generatorul tactelor de afişaj are frecvenţa variabilă (reglabilă din potenţiometrul P_1), în această schemă fiind cuprinse generatorul propriu-zis realizat cu µA 709 (CI15), un circuit de coincidenţă (CI16) realizat cu CDB 400, un divizor numărător de 4 (CI17) realizat cu CDB 473 şi un registru de deplasare (CI18) realizat cu CDB 495.

Comanda anozilor tuburilor de afişaj, în ritmul tactelor date de registrul de deplasare (CI18), se face prin intermediul unor tranzistoare 2×BC 174B ($T_{19}-T_{26}$) în punctele $A_{a1}-A_{a4}$. Aceste elemente lucrează la tensiuni relativ ridicate, ce depăşesc valorile maxim admise pentru acest tip de tranzistoare, motiv pentru care ele se selectează la tensiuni U_{CE} de circa 70—80 V.

Oprirea cronometrului, cu păstrarea indicaţiilor măsurate, se face la nivelul monostabilului CDB 4121, pe traiectul tactelor de numărare, prin inhibarea monostabilului cu o tensiune joasă aplicată pe pinii *2* şi *3* ai integratului.

Ştergerea indicaţiilor cronometrului, cu afişarea zeroului general, este legată ca funcţie de comutatorul de pornire al cronometrului. În acest sens ştergerea este urmată la deblocare de pornirea cronometrului. Ştergerea se aplică la toate divizoarele-numărătoare precum şi la divizorul de 10 de reţea (CI3), în domeniul secunde-zeci de minute.

Trecerea de la domeniul de timp secunde-zeci de minute la cel de zecimi de secunde-minute se face printr-un ştrap opţional (*SO*).

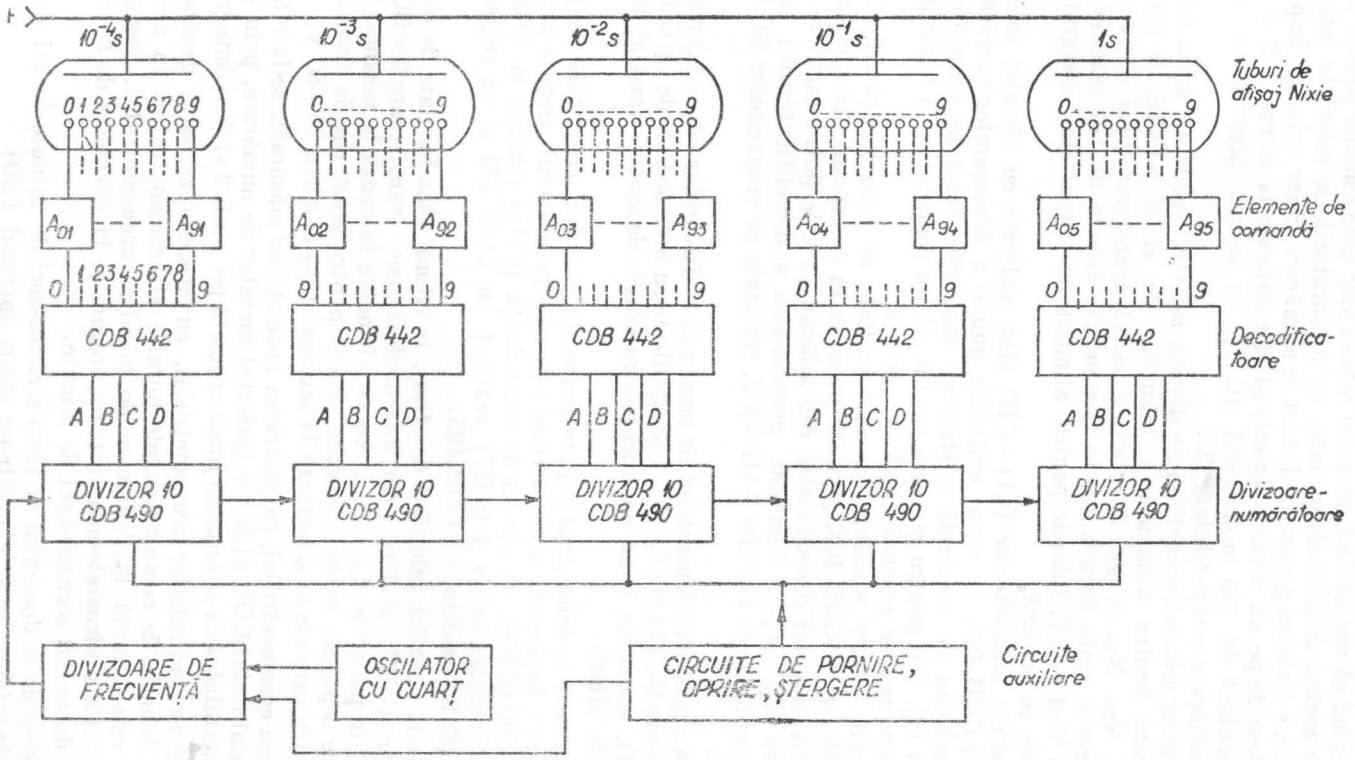


Fig. 151. Schema bloc a cronometrului cu afișaj continuu.

22.3 Cronometru electronic cu afişaj continuu

Marea majoritate a cronometrelor se realizează cu afişaj continuu avînd în vedere simplitatea relativă a acestor scheme faţă de cele cu afişaj dinamic care impun sincronizarea precisă a momentelor date de tactele de afişaj.

Schema bloc a unui astfel de cronometru este dată în fig. 151. Domeniul de timp al cronometrului este de la 10^{-4} s la 1 s, ceea ce permite utilizarea acestuia pentru măsurarea duratei fulgerelor emise de lămpile fulger electronic. Măsurarea unui domeniu de timpi scurţi impune utilizarea ca generator de tact a unui oscilator cu cuarţ. Tactele furnizate de acest oscilator sînt divizate pînă la nivelul timpului minim de măsurat (10^{-4} s), după care sînt introduse în lanţul de numărare.

Numărătoarele sînt realizate cu 5 circuite integrate CDB 490 acordate ca divizoare zecimale sau divizoare de şase. Ieşirile acestor divizoare-numărătoare comandă direct decodificatoarele binar-zecimale aferente (fig. 151).

Comanda fiecărei cifre de afişaj se face individual, prin intermediul unui element de comandă, avînd în vedere tensiunea ridicată de lucru a tuburilor cu afişaj NIXIE (situaţia este diferită în cazul utilizării afişoarelor cu 7 segmente). Afişarea este continuă pînă la modificarea corespunzătoare a numărătoarelor.

Un sistem de pornire-oprire asigură utilizarea primară a cronometrului pentru măsurarea directă a timpului.

Domeniul de măsură al acestui cronometru poate fi extins pînă la ordinul minutelor prin adăugarea elementelor corespunzătoare pe lanţul de divizare-numărare respectiv decodificatoare şi decade de afişare. Cronometrul poate fi conceput şi cu celule de afişaj cu 7 segmente, în acest caz fiind utilizate decodificatoare binar-7 segmente de tip SN 54/7448 sau SN/7447 iar ca afişoare digitale cu 7 segmente ROL 77 (ICCE).

22.4 Generatoare de tact folosite la cronometre de precizie

Variaţiile frecvenţei reţelei şi mai ales abaterile frecvenţei de reţea de la 50 Hz nu permit măsurători de precizie chiar în domeniul zecimilor de secundă. Pentru domenii de tip scurţi reţeaua nu mai poate fi utilizată, baza de timp limită fiind de 20 ms. De aceea se impune folosirea unor generatoare de tact de frecvenţă ridicată şi cu o bună stabilitate a frecvenţei. Cele mai indicate scheme sînt cele care utilizează cuarţuri termostatate. În acest sens se prezintă cîteva scheme practice.

Schema oscilatorului dată în fig. 152 este de tip Pierce cu cuarţul montat între colectorul şi baza unui tranzistor.

Punctul de funcţionare este stabilit de divizorul R_{b1} şi R_{b2}. Pentru o bună stabilitate a frecvenţei de oscilaţie $C_1 = C_2$. Reglajul foarte fin al frecvenţei de oscilaţie (de ordinul $10^{-3}\, f_0$) se face cu un condensator trimer înseriat cu cuarţul. Circuitul oscilant LC din colector, acordat pe frecvenţa $f_0 \pm 0{,}2\, f_0$, serveşte la reducerea conţinutului de armonici ale oscilaţiilor ce

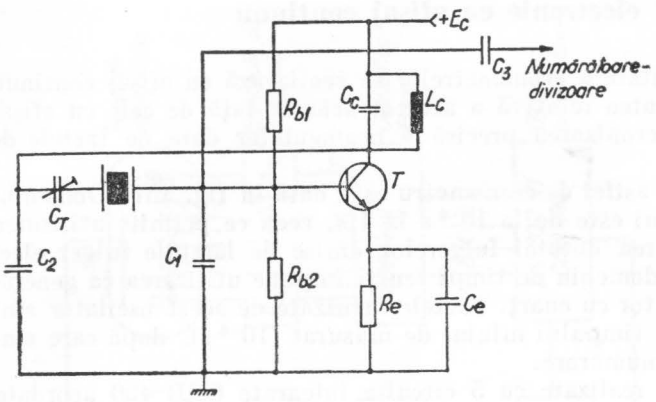


Fig. 152. Schema oscilatorului cu cuarț tip Pierce.

se culeg la ieșire prin condensatorul C_3. Condensatorul C_e servește la decuplarea în alternativ a rezistenței R_e.

Oscilatorul cu cuarț se poate realiza și cu ajutorul circuitelor de coincidență integrate. O asemenea schemă ce utilizează trei porți de circuite SI-NU din CDB 400 este dată în fig. 153.

Montajul este asemănător cu cel al mutivibratoarelor clasice într-o schemă de reacție reciprocă. Frecvența oscilatorului este reglabilă cu trimerul C_3.

În lipsa unui oscilator cu cuarț, cu rezultate satisfăcătoare se poate utiliza un oscilator în punte dublu T, acordat direct pe frecvența de 10 kHz (fig. 154). În acest mod se elimină divizoarele de frecvență de pe parcurs.

Stabilitatea frecvenței oscilatorului se realizează prin alegerea unor componente rezistive și capacitive cu o bună stabilitate la variațiile temperaturii (rezistențe cu peliculă metalică, condensatoare cu poliester), folosirea unui repetor separator, compensarea variațiilor elementelor R_{p1}, R_{p2} prin

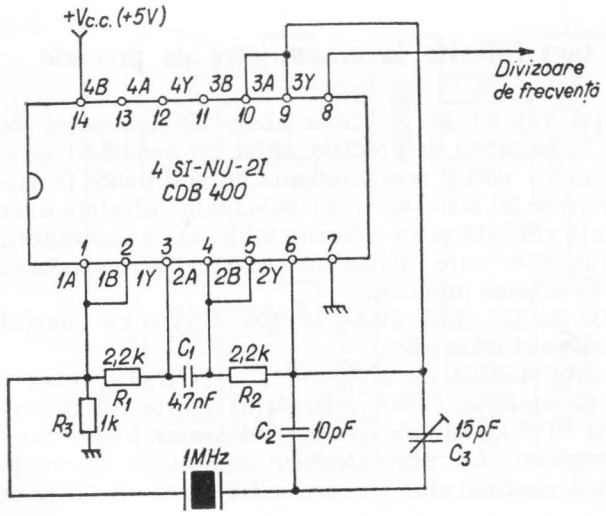


Fig. 153. Schema oscilatorului cu cuarț realizat cu circuitul integrat CDB 400.

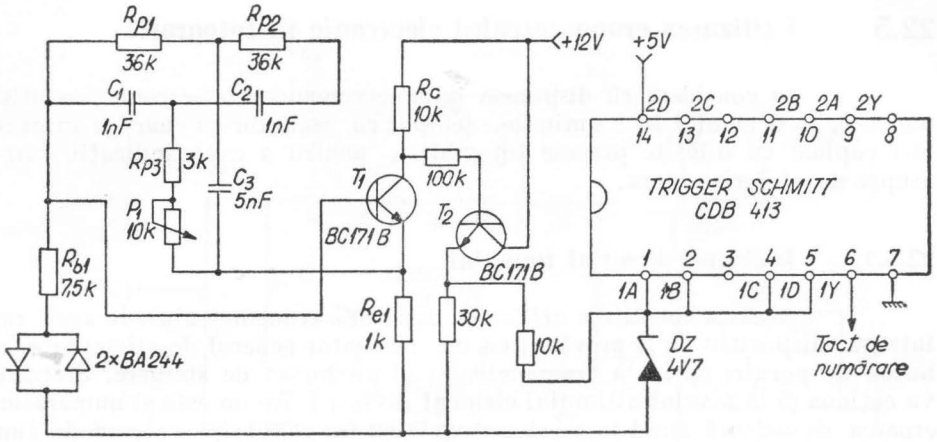


Fig. 154. Schema unui oscilator în punte dublu T cu frecvenţa de 10 kHz.

R_{b1} inseriat cu diode antiparalel (cu funcţie asemănătoare unui varistor) cît şi prin reacţia negativă puternică a oscilatorului.

Calibrarea impulsurilor de comandă pentru monostabilele-divizoare se face prin intermediul circuitului integrat CDB 413 cu funcţie de integrator Schmitt. Frecvenţa este reglabilă din potenţiometrul P_1.

Un montaj simplu de oscilator, cu o bună stabilitate a frecvenţei, se poate realiza cu circuitul integrat βE 555 (fig. 155), prin legarea celor două comparatoare de tensiune între ele (se leagă pinii *5* şi *9* ai integratului, ce determină pragul de jos şi pragul de sus de basculare).

Circuitul de resetare poate fi inhibat prin legarea pinului 7 de $+V_{cc}$ sau poate fi utilizat ca element de pornire şi oprire a generatorului, deci şi a cronometrului echipat cu acest generator de tact. Frecvenţa şi factorul de umplere al impulsurilor generate sînt reglabile din divizorul R_p+P_1 şi P_2.

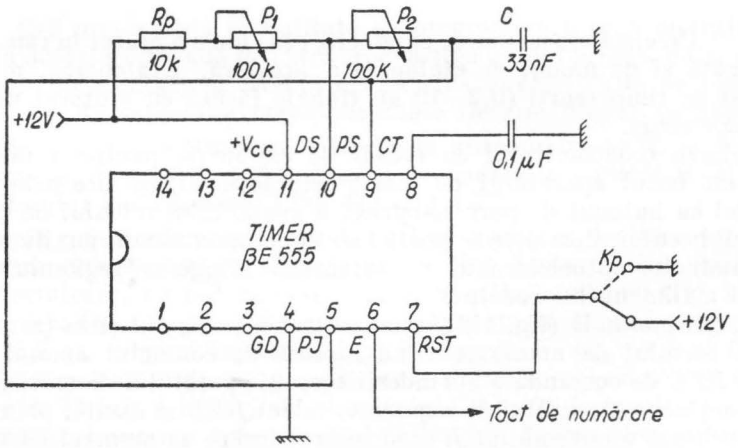


Fig. 155. Schema oscilatorului realizat cu circuitul integrat βE 555.

22.5 Utilizarea cronometrului electronic în fotografie

Se consideră că dispunem de un cronometru electronic, cu afișaj numeric, în domeniul 10^{-5} s-minute, echipat cu oscilator cu cuarț și urmează să-l cuplăm cu diferite procese fotografice, pentru a avea indicații exacte asupra duratelor acestora.

22.5.1 Indicator direct al timpului

Aceasta constituie utilizarea de bază a cronometrului. În acest caz, întregul dispozitiv va fi prevăzut cu un comutator general de alimentare, un buton de pornire-oprire a cronometrului și un buton de ștergere. Ștergerea va acționa și la nivelul ultimului element divizor (care nu este și numărător), eroarea de măsură fiind în acest caz egală cu cea mai mică valoare de timp măsurată, raportată la numărul divizorului. Pentru cronometrul cu afișaj dinamic prezentat eroarea va fi la domeniul maxim de măsură (10 minute) de $\pm 0{,}02$ s iar pentru cronometrul cu afișaj continuu, la domeniul maxim de măsură (10 secunde) de $\pm 10^{-5}$ s.

La ștergere indicațiile tuburilor NIXIE sau a afișoarelor cu 7 segmente vor fi zero. Odată pornit cronometrul, prin înlăturarea ștergerii, urmată de deblocarea generatorului de tact de numărare, cronometrul va număra pînă la limita de timp a domeniului maxim de măsură sau pînă la o valoare marcată de oprirea generatorului de tact.

Acest mod de lucru îl întîlnim la urmărirea developării filmelor pentru intervenții periodice la intervale fixe, la urmărirea developării hîrtiei, la marcarea timpului de expunere controlată a fotografiilor. În acest caz cronometrul funcționează ca un ceas de laborator cu afișare digitală.

22.5.2 Etalonarea ceasului de expunere controlată

Precizia ceasurilor de expunere, așa cum s-a arătat în cap. 21.5, este determinată și de modul de etalonare a acestora. Etalonarea, mai ales în domeniul de timp scurți (0,2—10 s), trebuie făcută cu ajutorul unui cronometru electronic.

Cuplarea cronometrului cu ceasul de expunere, pentru a marca exact timpul cît becul aparatului de mărit este acționat, se face prin montarea în paralel cu butonul de pornire-oprire, a contactului releului de comandă a acționării becului. Comanda se poate face și de la un circuit auxiliar, prevăzut cu un traductor optoelectronic, se marchează atingerea regimului de incandescență a filmentului becului.

În stare normală (fig. 156), cronometrul are afișajul șters (zero general), trecerea tactului de numărare fiind blocată de contactul normal făcut ale releului *REL* de comandă a aprinderii becului aparatului de mărit.

La acționarea ceasului de expunere, releul *REL* se excită, prin contactul lui deblochează monostabilul și cronometrul începe să numere. El va număra pînă la dezacționarea releului *REL*, cînd cronometrul va fi oprit. Corelînd

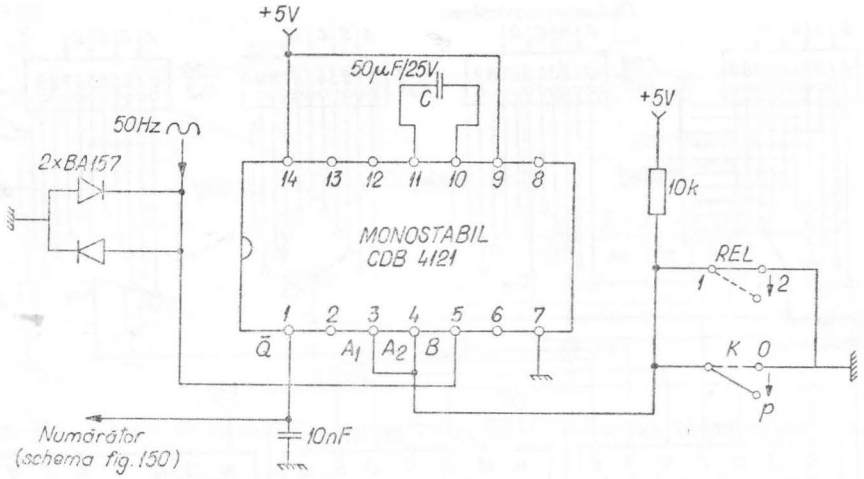


Fig. 156. Schema de utilizare a cronometrului la etalonarea ceasurilor de expunere.

indicația cronometrului cu poziția potențiometrului de reglare a duratei de expunere (P_2 din schema indicată în fig. 122) se marchează pe indicatorul potențiometrului valorile exacte măsurate 0,2 s—0,3 s—0,4 s ... 1 s—2 s—3 s ... 60 s.

Dacă cronometrul este prevăzut cu borne, unde se pot conecta fire legate de contactul releului *REL*, el va putea fi folosit oricînd la etalonarea sau reetalonarea oricărui tip de ceas de expunere controlată.

22.5.3 Utilizarea cronometrului ca ceas de expunere programată

Cea mai simplă modalitate de programare a cronometrului (înțelegînd prin aceasta comanda de către cronometru a unui proces, după un interval de timp preselectat) se face prin asocierea unor circuite de coincidență cu ieșirile decodificatoarelor corespunzătoare fiecărei decade de afișare.

Considerînd că programarea o facem în sistemul zecimal, sînt necesare comutatoare cu 10 poziții, legate fiecare de indicația digitală 0—9 a ieșirii decodificatorului binar zecimal CDB 442 (fig. 157).

Numărul comutatoarelor C_0 va fi egal cu numărul divizoarelor-numărătoare. Pentru cronometrul cu afișaj dinamic (fig. 149) vor fi utilizate 4 asemenea comutatoare, iar pentru cronometrul cu afișaj continuu (fig. 151) 5 comutatoare decadice. Dacă se fixează din comutatoare timpul programat (de exemplu 25,7 s), se poziționează C_{01} pe 7, C_{02} pe 5, C_{03} pe 2 și C_{04} pe 0. La atingerea valorii indicate pe afișoarele digitale, se asigură coincidența semnalelor de la cele 4 intrări ale circuitului CDB 420 (semnalele de la decodificatoare sînt inversate prin circuitul CDB 404). Ieșirea circuitului de coincidență comandă intrările A_1, A_2 ale monostabilului, blocînd funcționarea cronometrului.

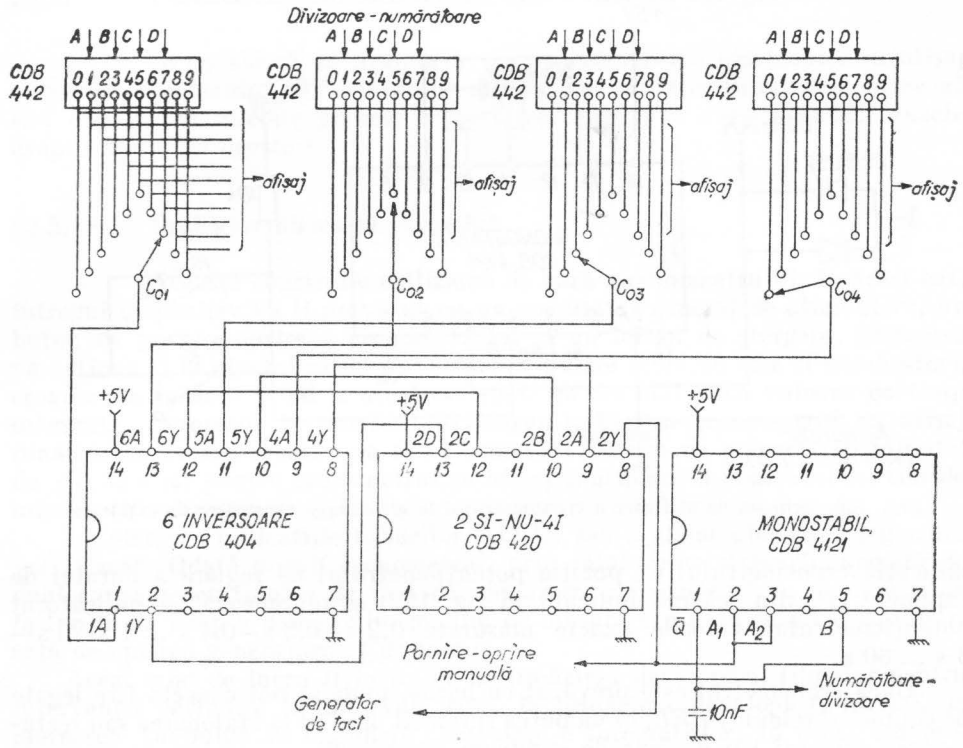


Fig. 157. Schema de utilizare a cronometrului ca ceas de expunere programată.

În cazul în care cronometrul este utilizat ca ceas de expunere controlată (controlul se face prin programare), același circuit de coincidență, repetat cu un tranzistor de medie putere, va comanda releul ce asigură deconectarea alimentării becului aparatului de mărit.

22.5.4 Măsurarea timpului de expunere a aparatelor fotografice

Pentru această aplicație cronometrul trebuie să lucreze în domeniul 10^{-4} s ... 10 s. Schema de bază a cronometrului rămîne identică. Comanda de pornire și oprire a cronometrului va fi dată de un circuit care condiționează accesul tactului de numărare de la generatorul de 10 KHz la numărătoare. Acest circuit cuprinde pe lîngă monostabilul, realizat cu CDB 4121, un amplificator operațional βA 741 pus în dependență cu un fototranzistor montat în spatele obturatorului sau a perdelei aparatului de fotografiat (fig. 158).

Cronometrul se aduce în prealabil la zero printr-o comandă de ștergere. Pe durata deschiderii obturatorului sau în prezența „fantei" perdelei, cronometrul este deblocat și pe indicatorul de afișaj apar succesiv indicațiile digi-

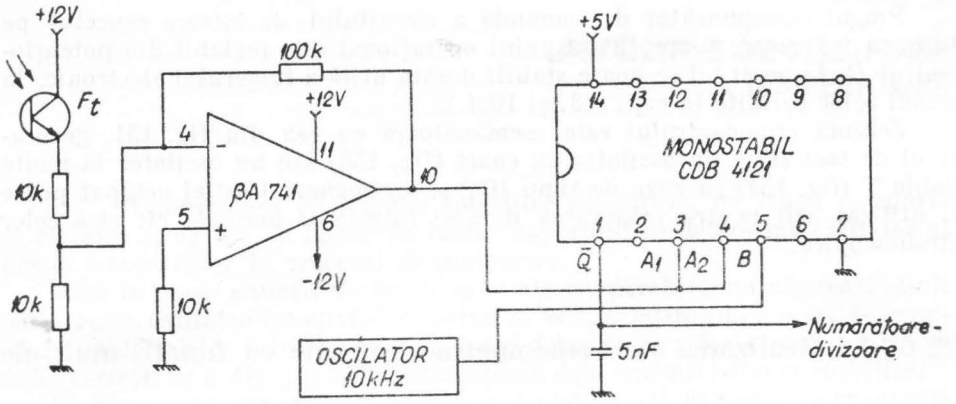


Fig. 158. Schema de comandă a cronometrului pentru măsurarea timpului de expunere.

tale ale timpului. La terminarea expunerii aparatului de fotografiat se dă comanda de blocare a cronometrului, ce va avea afişat direct timpul efectiv de expunere (a se vedea consideraţiile de calcul şi de măsură din cap. 8.3). În schema din fig. 158 nu sînt figurate celelalte elemente legate de pornirea şi oprirea cronometrului.

22.5.5 Măsurarea duratei fulgerului electronic

Pentru această utilizare cronometrul trebuie să funcţioneze în domeniul 10^{-5} s—10^{-2} s. Schema de comandă a pornirii şi opririi cronometrului, utilizînd o fotodiodă, este asemănătoare cu cea de măsurare a timpului de expunere (fig. 159).

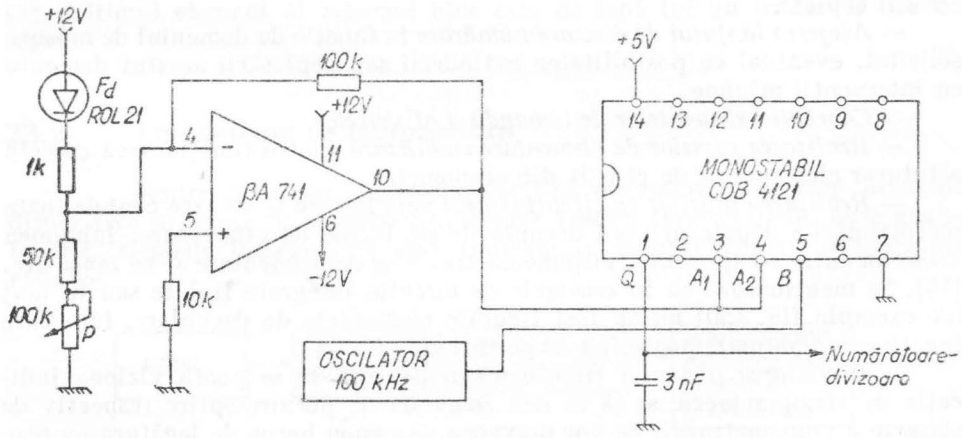


Fig. 159. Schema de comandă a cronometrului pentru măsurarea duratei fulgerului electronic.

Pragul corespunzător de comandă a circuitului de intrare conectat pe intrarea inversoare a amplificatorului operațional este reglabil din potențiometrul *P*. În acest fel se poate stabili durata utilă a fulgerului electronic, în sensul celor definite în cap. 9.3. și 10.4.).

Schema cronometrului este asemănătoare cu cea din fig. 151, generatorul de tact fiind un oscilator cu cuarț (fig. 153) sau un oscilator în punte dublu T (fig. 154) cu baza de timp 10^{-5} s. Cronometrul astfel echipat poate fi utilizat atît pentru măsurarea duratei fulgerelor normale cît și a celor stroboscopice.

22.6 Realizarea unui cronometru electronic cu funcții multiple

Prezentarea schemelor funcționale ale cronometrului electronic a pus în evidență componentele care intră într-o schemă de o complexitate mai ridicată și care impune anumite măsuri de sincronizare funcțională a elementelor de circuit.

În condițiile în care cronometrul electronic, ca dispozitiv de laborator, nu ridică probleme deosebite privind gabaritul și aspectul estetico-ergonomic al aparatului, etapele de realizare ale cronometrului electronic ar fi următoarele:

— *Alegerea sistemului de afișaj*, din punct de vedere al componentelor utilizate (tuburi NIXIE, afișoare digitale cu 7 segmente) și al principiului de afișare (dinamic sau continuu).

— *Alegerea generatorului de tact* (oscilator cu cuarț, oscilator cu tranzistoare, cu circuite integrate sau rețeaua) și a elementului de calibrare a tactelor compatibile TTL.

— *Alegerea sistemului de pornire-oprire* a generatorului de tact de numărare cît și a modalității de comandă a acestui element de la procesele fotografice în care cronometrul își găsește aplicații și care au fost descrise în cadrul acestui capitol.

— *Alegerea lanțului de divizare-numărare* în funcție de domeniul de măsură solicitat, eventual cu posibilitatea extinderii sau deplasării acestui domeniu cu intervenții minime.

— *Concepția elementelor de comandă a afișoarelor.*

— *Realizarea surselor de alimentare stabilizată* pentru funcționarea corectă a tuturor elementelor de circuit din cronometru.

— *Realizarea plăcilor cu circuite imprimate* în care se va ține cont de toate recomandările uzuale privind decuplările pe liniile de alimentare, lungimea traseelor între componente, dispunerea traseelor de alimentare și de masă etc. [18]. Se menționează că în schemele de circuite integrate izolate sau în lanț (de exemplu fig. 150) nu au fost figurate elementele de decuplare, fără care funcționarea normală poate fi ușor perturbată.

— *Proiectarea panoului cronometrului* pe care să se poată viziona indicația de afișaj numeric și să se dea comanda de pornire-oprire respectiv de ștergere a cronometrului. Se vor prevedea pe panou borne de legătură cu procesele fotografice a căror durată urmează să fie determinată conform celor indicate la pct. 22.5. al acestui capitol.

CAPITOLUL 23

DISPOZITIVE DE MĂSURARE A TEMPERATURII

Temperatura de lucru a soluţiilor constituie, pe lîngă compoziţia chimică şi durata de lucru, un factor important ce determină calitatea şi reuşita fotografiilor în procesul de prelucrare.

Dacă în unele situaţii variaţiile mici ale temperaturii nu afectează decît foarte puţin calitatea fotografiilor, avînd în vedere latitudinile mari de expunere a materialelor fotosensibile, în cazul fotografiei color şi al celor reversibile-variaţii de ordinul $\pm 0{,}2°C$ influenţează deja sensibil balanţa culorilor.

În acest sens cunoaşterea exactă a temperaturii de lucru şi eventuala termostatare a soluţiilor fotografice constituie o problemă de laborator deosebit de importantă.

Domeniul de temperatură uzual în prelucrarea materialelor în laboratorul fotoamatorului este de $10°C - 30°C$, iar pentru funcţionarea uscătoarelor de hîrtie fotografică de $70 - 80°C$.

23.1 Principiul de măsurare a temperaturii

Temperatura este o mărime neelectrică, pentru măsurarea ei cu dispozitive electronice fiind necesare traductoare sensibile la variaţiile temperaturii.

La măsurarea directă a temperaturii, traductorul legat de proces furnizează o mărime ce se prelucrează cu ajutorul unor circuite electronice. Semnalul livrat la ieşire poate fi înregistrat, indicat pe un instrument sau afişat. Ultimul element al schemei bloc este de fapt tot un traductor dar de ieşire.

23.2 Traductoare de temperatură

Pentru măsurarea temperaturii s-au dezvoltat un număr mare de dispozitive utilizate ca traductoare. Dintre acestea termocuplele, termorezistenţele, tuburile fotoelectrice sînt utilizate în general pentru temperaturi ridicate.

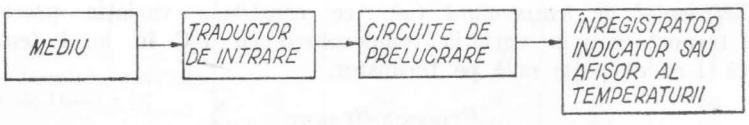


Fig. 160. Schema bloc de măsurare directă a temperaturii.

În aplicațiile tipice laboratorului fotografic traductoarele cele mai utilizate sînt cele cu elemente semiconductoare-termistoare, diode, tranzistoare, fototranzistoare. În acest sens prezentarea cîtorva traductoare de temperatură, cu caracteristicile lor electrice, va ușura înțelegerea utilizării lor la măsurarea temperaturii și la termostatarea soluțiilor fotografice.

23.2.1 Termistoare

Termistoarele sînt rezistențe de volum realizate din materiale semiconductoare, spre deosebire de rezistențele obișnuite, ce sînt realizate din materiale conductoare-metalice sau chimice.

Termistoarele prezintă o variație liniară a rezistenței cu temperatura avînd un coeficient mare și negativ de temperatură. De aici și notația cu care sînt însoțite în scheme, *NTC*. Variația rezistenței este invers proporțională cu temperatura deci rezistența scade cînd temperatura crește. Rezistența termistoarelor la diferite temperaturi este dată de relația:

$$R_T = R_{T_0} \cdot e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}, \tag{1}$$

unde R_{T_0} este valoarea rezistenței termistorului la temperatura de referință (temperatura absolută); T — temperatura (în °K) la care este adus termistorul; B — coeficient termic ce constituie o constantă de material (în °K), determinată experimental prin variația rezistenței cu tempratura în gama $T_1 - T_2$.

$$B = \frac{2{,}3 \log \frac{R_{T_1}}{R_{T_2}}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}. \tag{2}$$

O formă simplificată de exprimare a rezistenței termistorului cu temperatura este dată de relația:

$$R = A \cdot e^{\frac{B}{T}}, \tag{3}$$

unde A este o constantă de material.

Principalele caracteristici ale termistoarelor sînt:

— *Rezistența la temperatura de referință* (R_{T_0} la 20°C sau 25°C), dată la un anumit curent nominal. Variația rezistenței termistorului cu temperatura este dată în fig. 161.

— *Coeficientul de temperatură* (α), ce constituie variația procentuală a rezistenței termistorului la variația temperaturii cu 1°C în jurul temperaturii de referință și cu disipație nulă pe termistor.

$$\alpha = -\frac{R_{T\,19{,}5°C} - R_{T\,20{,}5°C}}{R_{T_0}} \%/°C.$$

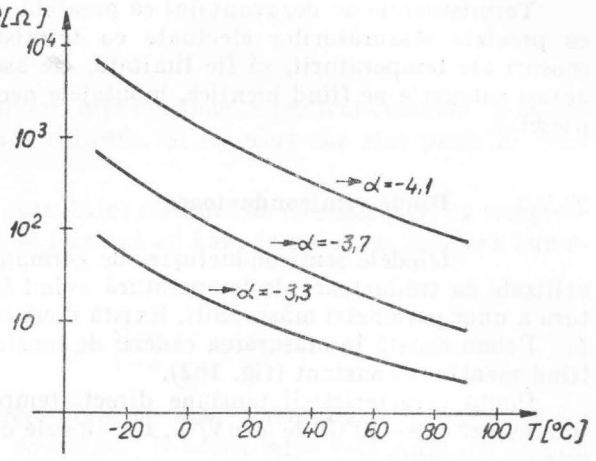


Fig. 161. Diagrama de variație a rezistenței termistorului TG cu temperatura.

Valorile uzuale sînt —3 ... —4%/°C.

— *Caracteristica tensiune-curent*, ridicată la temperatura ambiantă. Această caracteristică are o porțiune inițială liniară, după care datorită disipației energiei pe termistor se produce scăderea rezistenței.

— *Temperatura de utilizare* — limita domeniului în care variațiile rezistenței termistorului sînt semnificative și prezintă o bună stabilitate în timp.

— *Puterea disipată maximă* ($P_{d\ max}$) — valoare limită a cărei depășire nu este permisă decît pentru durate foarte scurte. Uneori, în loc de $P_{d\ max}$ se dă curentul maxim admis de durata $I_{D\ max}$.

— *Capacitatea termică* (C_{T_0}), ce indică capacitatea traductorului de a lua rapid temperatura mediului ambiant. Se exprimă în mWs/°C. Capacitatea termică este legată de rezistența termică a capsulei.

— *Constanta de timp* (τ) a termistorului, exprimată în secunde și care indică timpul necesar unui termistor ca să atingă o temperatură egală cu 2/3 din diferența dintre temperatura inițială și cea finală, în cazul unui salt. Se măsoară în condiții de disipație nulă. Valori uzuale 10 s—200 s.

Pentru termistoarele de uz general TG 1000, TG-1100, TG 6000 fabricate de ICEP Curtea de Argeș principalele caracteristici electrice sînt date în tabelul 11.

Tabelul 11

Caracteristicile electrice ale termistoarelor TG

Caracteristici	TG1001 TG1101 TG6001	TG1002 TG1102 TG6002	TG1005 TG1105 TG6005	TG1006 TG1106 TG6006	TG1013 TG1113 TG6013	TG1050 TG1150 TG6050
Rezistența nominală R_{25}[Ω]	10	12	51	62	130	510
Coeficientul de temperatură α_{25} [%/°C]	−3,3	−3,3	−3,7	−3,7	−3,7	−4,1
Constanta de material B [°K]	2 900	2 900	3 300	3 300	3 300	3 655
Puterea disipată nominală [W]	0,75 0,6 0,6	0,75 0,6 0,6	1 0,75 0,75	1 0,75 0,75	0,75 0,6 0,6	1 0,75 0,75
Rezistența termică [mW/°C]	8 14					
Constanta de timp τ [s]	40 50 220	40 50 220	50 60 220	50 60 220	50 60 180	60 70 220

Termistoarele au dezavantajul că prezintă un mic histerezis, ceea ce face ca precizia măsurătorilor efectuate cu termistoare, la oscilații în ambele sensuri ale temperaturii, să fie limitată, De asemenea exemplarele chiar din aceași categorie ne fiind identice, montajele necesită reetalonări la înlocuirea pieselor.

23.2.2 Diode semiconductoare

Diodele semiconductoare, de germaniu sau de siliciu, pot fi și ele utilizate ca traductoare de temperatură avînd în vedere variația cu temperatura a unor parametri măsurabili. Există două modalități:

Prima constă în măsurarea căderii de tensiune directă pe diodă, curentul fiind menținut constant (fig. 162).

Panta caracteristicii tensiune directă-temperatură este în zona care ne interesează (10—30°C) de 2 mV/°C. La diodele cu siliciu, panta caracteristicii este mai abruptă.

Cealaltă modalitate de măsură, mai eficientă, o constituie măsurarea variației curentului invers de saturație funcție de temperatură.

$$I_i = I_{S_0} \cdot e^{\left(\frac{B}{T_0} - \frac{B}{T}\right)}, \tag{5}$$

unde: I_{S_0} este curentul de saturație invers la temperatura de referință; B — constantă de material (°K) definită ca la termistoare (relația 2). Diagrama de variație a curentului invers este dată în fig. 163.

Constanta de timp, legată de capacitatea termică a joncțiunii diodelor semiconductoare, este redusă față de termistoare.

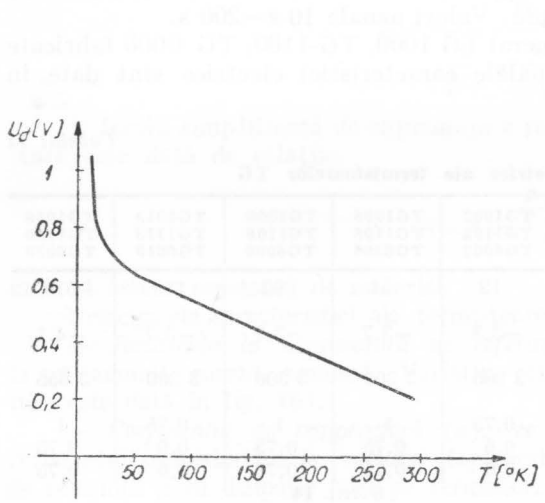


Fig. 162. Diagrama de variație a tensiunii directe cu temperatura, la o diodă cu germaniu.

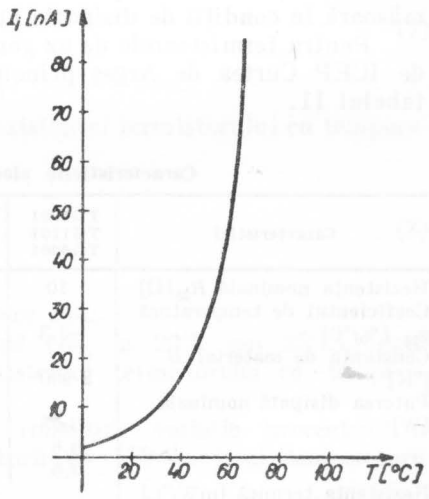


Fig. 163. Diagrama de variație a curentului invers cu temperatura la dioda cu siliciu 1N 4148.

23.2.3 Tranzistoare

Utilizarea tranzistoarelor, față de diodele semiconductoare, prezintă avantajul unei sensibilități mai ridicate. Și în acest caz sînt posibile două modalități de lucru.

Prima utilizează variația curentului rezidual de colector I_{cb_0} cu temperatura (fig. 164), situație în care se lucrează cu baza în gol și se măsoară curentul din colector.

$$I_c = \frac{I_{cb_0}}{1-\alpha}. \tag{6}$$

Variația lui I_{cb_0} cu temperatura nu este liniară, iar I_c poate să fie instabil chiar la temperatură constantă. Sensibilitatea este ridicată atît la tranzistoarele cu germaniu cît mai ales la cele cu siliciu (la tranzistoarele cu siliciu I_{cb_0} este însă cu trei ordine de mărime mai mic decît la tranzistoarele cu germaniu). Domeniul de temperatură de lucru la tranzistoarele cu siliciu este $-100°C$ ... $+100°C$ iar la tranzistoarele cu germaniu $-40°C$ ... $+70°C$.

Cealaltă modalitate se referă la variația tensiunii bază-emitor U_{BE} într-un montaj BC cu I_c constant (în special la tranzistoarele cu siliciu). Sensibilitatea este, ca la diodele semiconductoare la care se urmărește tensiunea directă, de circa 2 mV/°C, gama de temperaturi în care se păstrează liniaritatea fiind de $-100°C$ ... $+100°C$.

Constanta de timp, în special la tranzistoarele cu o rezistență termică scăzută, este mică, de ordinul a 5—10 s în mediu lichid, ceea ce face ca montajele realizate cu traductoare tranzistoare să fie practic lipsite de inerție.

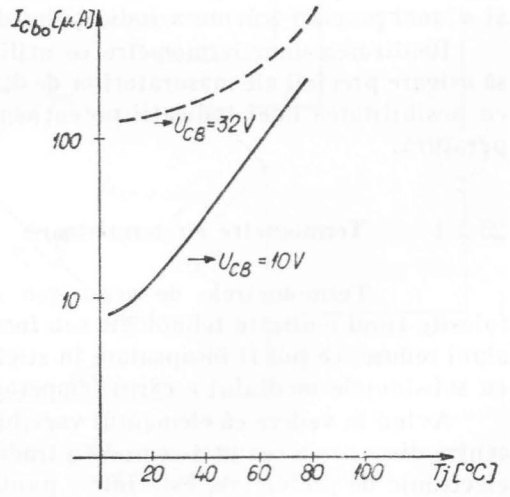


Fig. 164. Diagrama de variație a curentului rezidual de colector cu temperatura, la tranzistorul cu germaniu AC 180.

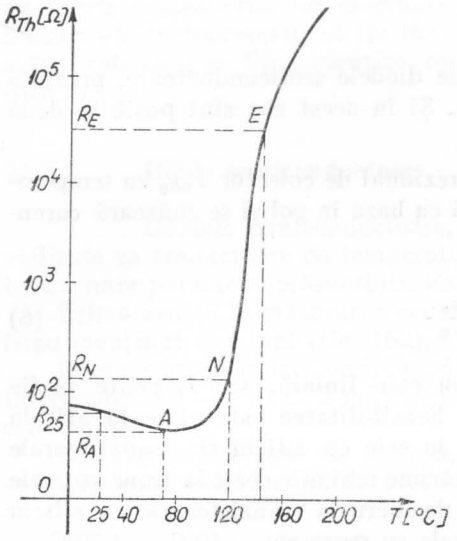


Fig. 165. Caracteristica rezistență funcție de temperatură la termistorul cu coeficient pozitiv de temperatură *PTC*.

23.2.4 Termistoare cu coeficient pozitiv de temperatură

Sînt traductoare termice, realizate cu o tehnologie deosebită și care, spre deosebire de termistoarele NTC, au un coeficient mare și pozitiv de temperatură. De aici, și notația cu care sînt însoțite în scheme de elemente PTC sau „conductoare reci" cu coeficient pozitiv de temperatură (fig. 165).

Caracteristica acestor elemente este foarte abruptă în zona temperaturii nominale. Dată fiind sensibilitatea ridicată a elementelor PTC, ele pot fi utilizate în scheme de comandă directă, fără preamplificatoare, a etajelor finale de putere, a circuitelor de deconectare la supraîncălzire sau de semnalizare a unei temperaturi critice.

23.3 Termometre electronice

In anumite procese din laboratorul fotografic utilizarea termometrelor cu mercur sau cu lichide colorate nu este satisfăcătoare din cauza inerției mari pe care o prezintă aceste termometre, a unui histerezis pronunțat și a unei precizii scăzute a indicațiilor de temperatură.

Realizarea unor termometre ce utilizează traductoarele prezentate poate să asigure precizii ale măsurătorilor de 0,1°C pentru o plajă de măsură de 20°C, cu posibilitatea unei indicații potențiometrice etalonate a valorilor de temperatură.

23.3.1 Termometre cu termistoare

Termometrele de acest gen sînt foarte răspîndite, termistoarele folosite fiind realizate tehnologic sub formă de plachete sau discuri de dimensiuni reduse, ce pot fi încapsulate în sticlă pentru a nu intra în contact direct cu substanțele mediului a cărui temperatură se determină.

Avînd în vedere că elementul variabil al termistoarelor îl constituie rezistența, dispunerea cea mai comodă a traductorului, pentru a-l lega de circuitul electronic de prelucrare, este într-o punte de tip Wheatstone.

23.3.1.1 **Termometru cu termistor în montaj cu punte neechilibrată**

În acest caz termistorul se dispune în braţul unei punţi, celelalte trei rezistenţe avînd valori fixe ce nu sînt influenţate de temperatura mediului a cărei temperatură se măsoară (fig. 166).

Pentru aducerea la zero a instrumentului de măsură se înlocuieşte termistorul cu o rezistenţă calibrată de valoare cunoscută şi aproximativ egală cu R_{T_0} a termistorului. Cu ajutorul potenţiometrului P_1 se reglează curentul de lucru aducînd acul instrumentului la 0.

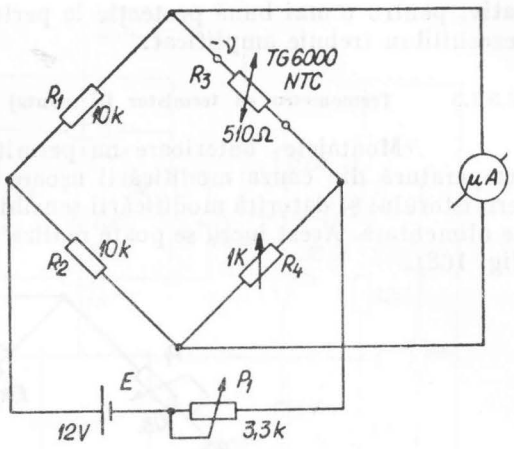


Fig. 166. Schema electrică a unui termometru cu termistor în punte neechilibrată.

Dezechilibrul punţii se produce în apropierea punctului de echilibru stabilit (R_T poate fi la o temperatură diferită de cea de referinţă a termistorului). Variaţiile curentului de dezechilibru şi prin urmare indicaţiile instrumentului de măsură sînt legate, aproximativ proporţional, de variaţia rezistenţei termistorului.

23.3.1.2 **Termometru cu termistor în montaj cu punte echilibrată**

În acest caz în braţul alăturat amplasării termistorului se va dispune un potenţiometru R_p de echilibrare (fig. 167).

La etalonare potenţiometrul R_p poate fi gradat direct în °C. Echilibrul punţii se urmăreşte prin indicaţia de zero a instrumentului.

Tensiunea de alimentare a punţii se alege astfel încît puterea disipată pe termistor să fie mai mică decît cea admisă şi să nu ducă la încălzirea acestuia, ceea ce ar vicia rezultatul măsurătorii. O valoare prea mică micşorează însă sensibilitatea dispozitivului.

Alimentarea punţilor se poate face şi în curent alter-

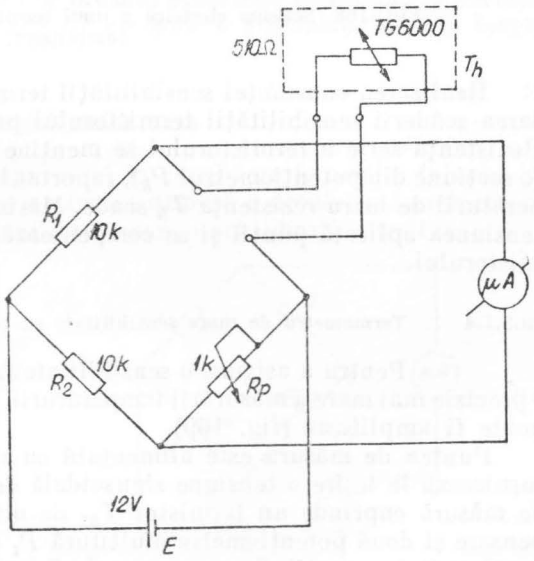


Fig. 167. Schema electrică a unui termometru cu termistor în punte echilibrată.

nativ, pentru o mai bună protecţie la perturbaţii, mai ales cînd semnalul de dezechilibru trebuie amplificat.

23.3.1.3 Termometru cu termistor în montaj cu punte compensată

Montajele anterioare nu permit măsurarea unor variaţii mici de temperatură din cauza modificării uşoare a coeficientului de temperatură a termistorului şi datorită modificării sensibilităţii punţii la variaţiile tensiunii de alimentare. Acest lucru se poate realiza cu un montaj în punte compensată (fig. 168).

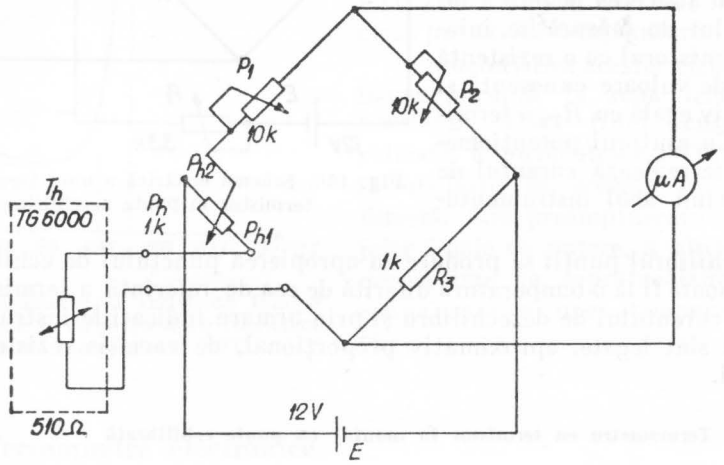


Fig. 168. Schema electrică a unui termometru cu termistor în punte compensată.

Realizarea constanţei sensibilităţii termometrului se bazează pe compensarea scăderii sensibilităţii termistorului prin creşterea sensibilităţii punţii. Rezistenţa serie a termistorului se menţine constantă cu potenţiometrul P_{h1} (o secţiune din potenţiometrul P_h), raportat la P_1, P_2 şi P_3. La creşterea temperaturii de lucru rezistenţa T_h scade. Mărind P_{h1}, scade P_{h2}, deci va creşte tensiunea aplicată punţii şi se compensează astfel scăderea sensibilităţii termistorului.

23.3.1.4 Termometru de mare sensibilitate cu termistor

Pentru a asigura o sensibilitate mai mare a punţii de măsură, deci o precizie mai mare a măsurării temperaturii, semnalul de dezechilibru al punţii poate fi amplificat (fig. 169).

Puntea de măsură este alimentată cu un oscilator în punte dublu T ce furnizează la ieşire o tensiune sinusoidală de circa 2 V vv, 3 000 Hz. Puntea de măsură cuprinde un termistor T_{h1} de măsură, un termistor T_{h2} de compensare şi două potenţiometre multitură P_1 şi P_2, care servesc la echilibrarea brută şi fină a punţii. Condensatoarele C_4 şi C_5 servesc la compensarea componentelor reactive ale termistoarelor.

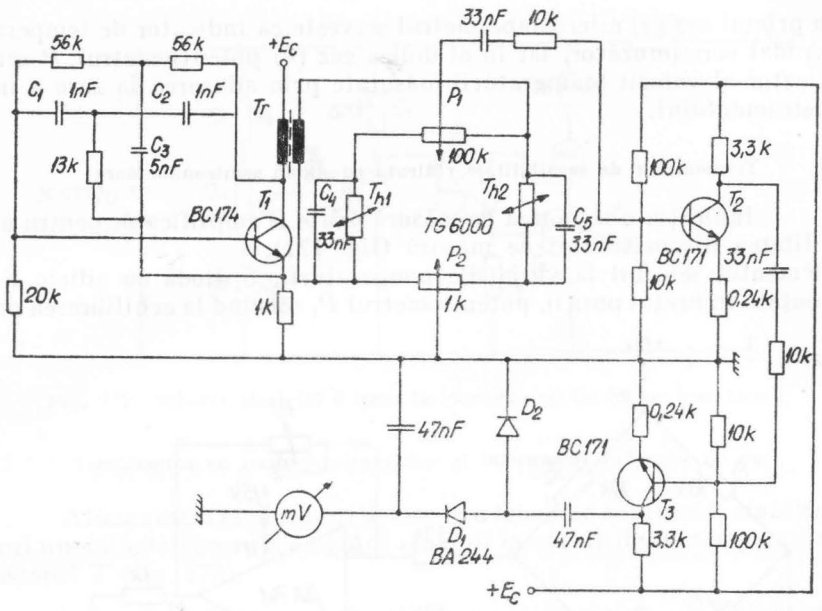


Fig. 169. Schema electrică a unui termometru de mare sensibilitate cu termistoare.

Semnalul obținut în diagonala punții este amplificat în două etaje identice de amplificare cu cuplaje *RC* (tranzistoarele T_2 și T_3) după care este detectat (diodele D_1 și D_2) și aplicat unui instrument de măsură. Sînt sesizate variații ale rezistenței termistorului de ordinul 0,2Ω care corespund la variații de temperatură de 0,01°C. Dispozitivul necesită o etalonare inițială foarte precisă.

23.3.2 Termometre cu diode semiconductoare

Cele mai simple montaje, ca și în cazul termistoarelor folosite ca traductoare de temperatură, sînt cele care au dispusă o diodă semiconductoare în brațul unei punți ce poate fi echilibrată sau neechilibrată (fig. 170).

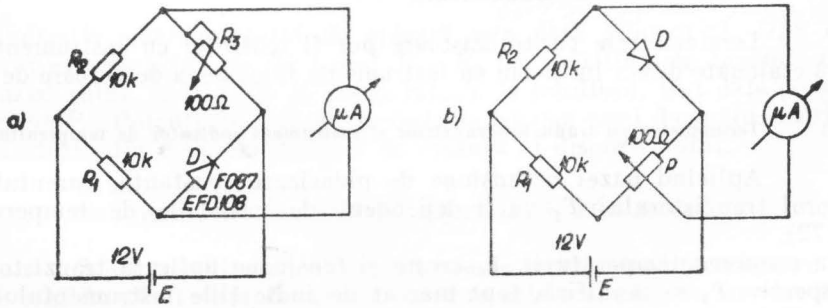


Fig. 170. Schema electrică a termometrului cu diode semiconductoare:
a — montaj în punte neechilibrată; *b* — montaj în punte echilibrată.

În primul caz (*a*) microampermetrul servește ca indicator de temperatură, fiind gradat corespunzător, iar în al doilea caz (*b*) potențiometrul P servește ca indicator al valorii temperaturii măsurate prin aducerea la zero a indicației instrumentului.

23.3.2.1 Termometru de sensibilitate ridicată cu diodă semiconductoare

Indicația din puntea de măsură poate fi amplificată, pentru a mări sensibilitatea dispozitivului de măsură (fig. 171).

Elementul sensibil la variațiile temperaturii, o diodă cu siliciu F 087, este montată în brațul punții, potențiometrul P_1 servind la echilibrarea punții.

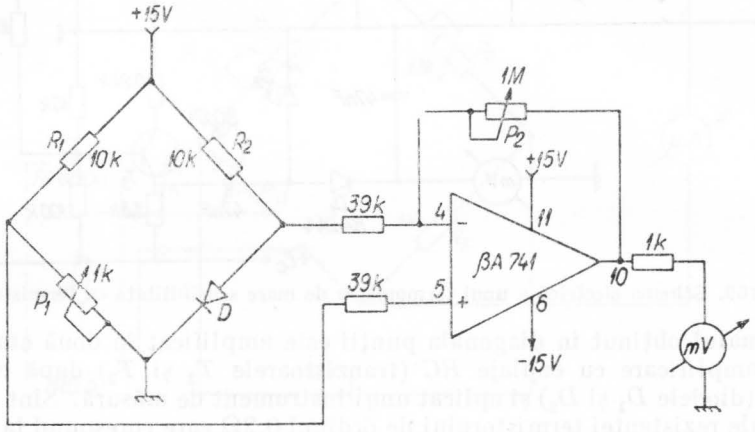


Fig. 171. Schema electrică a unui termometru de mare sensibilitate cu diodă de siliciu.

Semnalul de dezechilibru din diagonala punții termometrului este amplificat cu amplificatorul operațional βA 741, ce are conectat pe ieșire un instrument de măsură gradat în indicații de temperatură. Amplificarea este reglabilă din potențiometrul P_2.

23.3.3 Termometre cu tranzistoare

Termometrele cu tranzistoare pot fi realizate cu instrumente de măsură etalonate direct în °C sau cu instrumente folosite ca detectoare de nul.

23.3.3.1 Termometru cu traductor-tranzistor și instrument indicator de temperatură

Aplicînd bazei o tensiune de polarizare constantă, curentul din colectorul tranzistorului T_1 va fi dependent de variațiile de temperatură (fig. 172).

La creșterea temperaturii, I_c crește și tensiunea aplicată tranzistorului T_2 respectiv T_3 se modifică, fapt marcat de indicațiile instrumentului din colectorul tranzistorului T_3. Temperatura pentru care indicația instrumentului va fi zero se stabilește cu potențiometrul P_1.

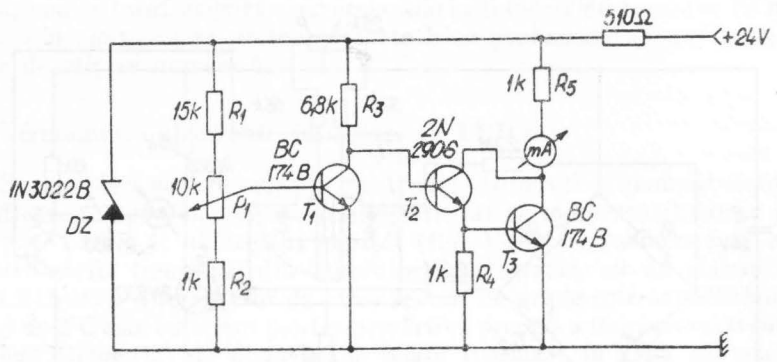


Fig. 172. Schema electrică a unui termometru cu traductor tranzistor.

23.3.3.2 **Termometru cu traductor-tranzistor şi instrument indicator de nul**

Alimentarea montajului se face la o tensiune constantă, stabilizată cu ajutorul unei diode Zener. Elementul sensibil la variaţiile de temperatură este tranzistorul T (fig. 173).

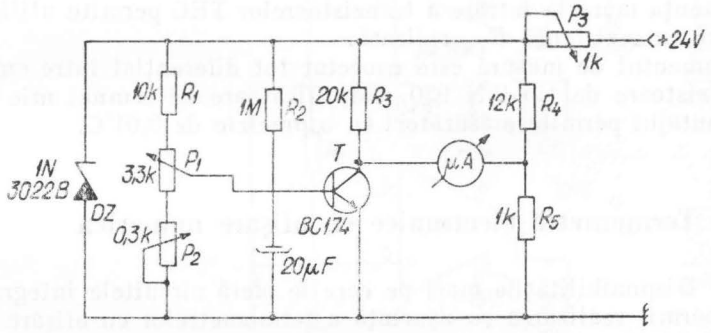


Fig. 173. Schema electrică a unui termometru cu traductor tranzistor şi instrument indicator de nul.

Indicaţia instrumentului de măsură este dată diferenţial. Una dintre tensiuni este stabilită de divizorul R_4-R_5 iar cealaltă este tensiunea U_{CE} a tranzistorului. Indicaţiile de temperatură, la echilibru, sînt date pe potenţiometrul P_2. Potenţiometrul P_1 serveşte la fixarea unui domeniu restrîns de temperatură, din domeniul maxim de măsură al dispozitivului.

23.3.3.3 **Termometre cu termistoare şi amplificatoare TEC de c.c**

Schema utilizează ca traductoare de temperatură termistoare într-o punte echilibrată. Tensiunea de dezechilibru este amplificată într-un montaj diferenţial realizat cu o pereche de tranzistoare TEC de tip ROS 01. Utilizarea unui tranzistor de tip ROS 05, ce înglobează într-o singură capsulă două

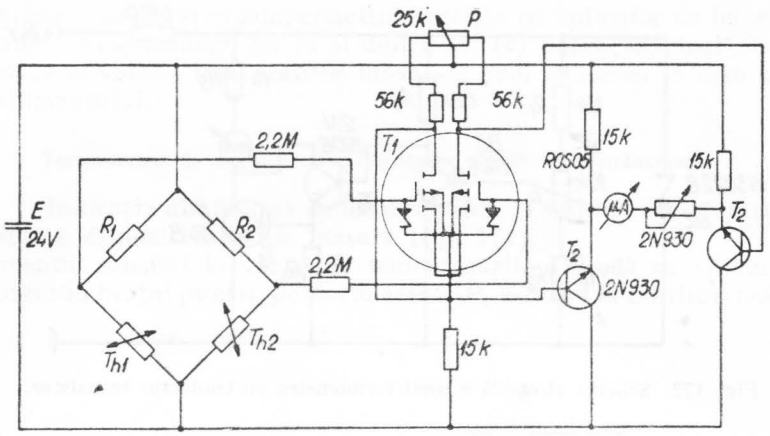


Fig. 174. Schema electrică a unui termometru cu termistoare și amplificatoare de curent continuu cu tranzistoare *MOS*.

tranzistoare ROS 01, conferă în plus calități deosebite montajului diferențial (fig. 174).

Rezistența mare la intrare a tranzistoarelor TEC permite utilizarea unor termistoare cu rezistență R_{T0} ridicată.

Instrumentul de măsură este conectat tot diferențial între emitoarele a două tranzistoare de tip 2 N 930, amplificatoare de semnal mic și zgomot redus. Montajul permite măsurători cu o precizie de 0,01°C.

23.4 Termometre electronice cu afișare numerică

Disponibilitățile mari pe care le oferă circuitele integrate liniare și logice permit realizarea cu ușurință a termometrelor cu afișare numerică.

Principiul de măsurare a temperaturii poate fi identic cu unul din cele indicate la punctele anterioare ale acestui capitol. Puntea cu senzorul de măsură este urmată de un amplificator, ce permite extinderea domeniului de măsură și mărimea sensibilității aparatului. Elementul principal al schemei este convertorul analog-digital (fig. 175).

Convertorul asigură în primul rînd cuantificarea tensiunii măsurate într-un număr de trepte ce se consideră suficiente pentru precizia indicațiilor de temperatură măsurate. De asemenea, în cazul în care se utilizează o afișare

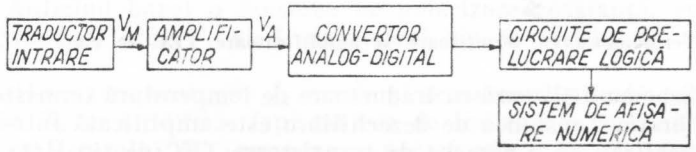


Fig. 175. Schema bloc a unui termometru cu afișare numerică.

numerică, convertorul asigură conversia mărimii electrice tensiune în mărime frecvență sau timp, ce se pretează foarte bine prelucrării și utilizării lor în sistemele de afișare numerică.

23.4.1 Termometru electronic cu afișare cu LED-uri

Se consideră că termometrul electronic utilizează ca element de măsurare și amplificare schema electrică a termometrului de mare sensibilitate prezentată la pct. 23.3.1.4. al acestui capitol (fig. 169). De asemenea se admite, pentru utilizările frecvente din laboratorul fotografic, că un sistem de afișare cu LED-uri a diferențelor de două zecimi de grade este satisfăcătoare iar domeniul de 2°C este suficient pentru urmărirea precisă a temperaturii soluțiilor fotografice. Domeniul de două grade poate fi plasat în zona convenabilă a măsurătorii impusă de un anumit proces de prelucrare.

Pentru datele inițiale prezentate, sistemul cel mai simplu de conversie analog-digital este cel ce utilizează o serie de comparatoare realizate cu amplificatoare operaționale βA 741 (fig. 176).

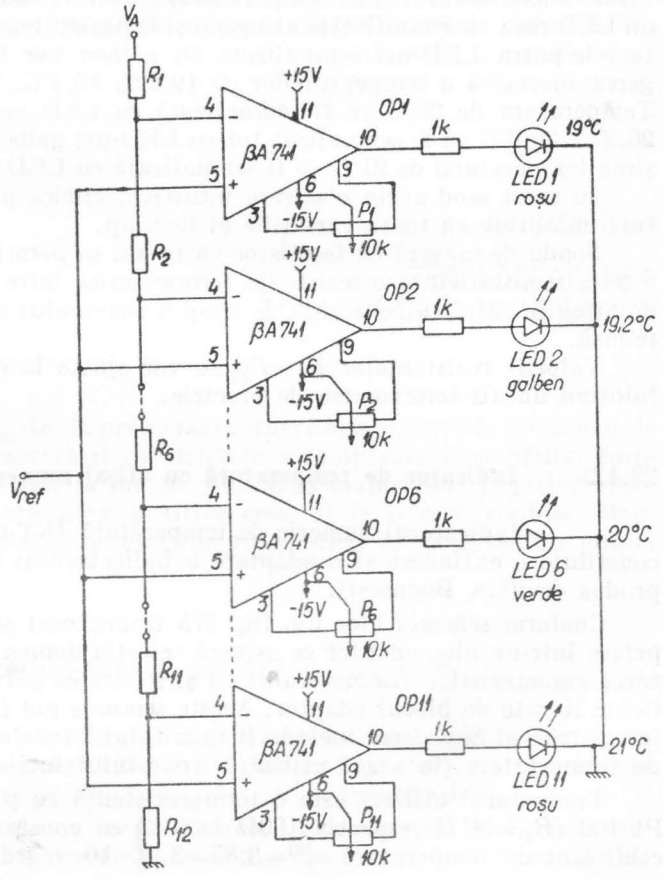


Fig. 176. Schema electrică a unui termometru cu afișare cu LED-uri.

Divizorul R_1, R_2 ... R_{12} este astfel calculat încît pentru domeniul de tensiune sesizat V_A (ce corespunde domeniului de tensiune V_M de măsură a punții Wheatstone) să-i corespundă 11 tensiuni, ce semnifică o creștere cu 0,2°C a temperaturii mediului de măsură.

Această tensiune nu trebuie să fie neapărat în progresie aritmetică, convertorul analog-digital putînd în acest mod integra neliniaritatea caracteristicii termistorului în domeniul temperaturii măsurate.

La atingerea temperaturii minime a domeniului se va acționa comparatorul *1*. La creșterea temperaturii cu 0,2°C peste valoarea limită inferioară se va acționa comparatorul *2*. Acest lucru se repetă la creșterea temperaturii pînă la atingerea limitei superioare a domeniului de măsură cînd se va acționa comparatorul *11*. Circuitele de prelucrare logică ce urmează depind de sistemul de afișare adoptat.

Se presupune că domeniul de lucru selectat este 19—21°C și că pe puntea de măsură a fost echilibrată pentru temperatura de 20°C. În acest caz soluția cea mai simplă de afișare cu LED-uri este cea indicată în schema din fig. 176, de comandă directă a unor LED-uri de afișare cu semnificație proprie nivelului de tensiune (deci și de temperatură) măsurat. Comparatorul *1* va comanda un LED roșu cu semnificația atingerii și depășirii temperaturii de 19°C. Următoarele patru LED-uri semnalizate cu galben vor indica la aprindere atingerea succesivă a temperaturilor de 19,2°C, 19,4°C, 19,6°C respectiv, 19,8°C. Temperatura de 20°C va fi semnalizată cu LED verde. În sfîrșit domeniul 20,2 ... 20,8°C va fi semnalizat tot cu LED-uri galbene iar atingerea și depășirea temperaturii de 21°C va fi semnalizată cu LED 11 de culoare roșie.

În acest mod avem o afișare intuitivă, cifrică prin analogie, a temperaturii măsurate cu toate variațiile ei în timp.

Sonda de măsură cu termistor va trebui să permită atît izolarea electrică a termistorului cît și o rezistență termică mică între termistor-capsulă-mediu de măsură astfel ca constanta de timp a sistemului de măsură să fie cît mai redusă.

Valorile rezistențelor R_1—R_{12} se vor ajusta la etalonarea dispozitivului folosind un alt termometru de precizie.

23.4.2 Indicator de temperatură cu afișaj numeric

Indicatorul numeric de temperatură INT-011C cu termorezistență constituie o extindere și o adaptare a indicatorului analogic de temperatură produs de FEA București.

Conform schemei bloc din fig. 175 traductorul și amplificatorul sînt cuprinse într-un bloc adaptor ce asigură selecția domeniului de măsură, liniarizarea caracteristicii traductorului cît și separarea galvanică a semnalelor unificate livrate de blocul adaptor. Aceste semnale pot fi folosite separat pentru înregistrări și în vederea includerii aparatului într-o buclă de automatizare sau de termostatare (în cazul utilizării aparatului într-un laborator fotografic).

Traductorul utilizat este o termorezistență cu platină de tip Pt 50 sau Pt 100 (R_T=50 Ω respectiv 100Ω la 0°C) cu constantă de timp mică și cu coeficient de temperatură $\alpha_0^{100}=3{,}85-3{,}91\cdot 10^{-3}$ grd^{-1}.

Convertorul analog-numeric converteşte direct tensiunea analogică furnizată de blocul adaptor în indicaţii digitale în cod BCD, ce pot fi furnizate direct sistemului de afişaj. În sistemul de afişaj se consideră incluse şi decodificatoarele binar-zecimale sau binar-7 segmente precum şi toate elementele auxiliare pentru comanda afişajului. Afişajul se face pe 4 digiţi direct în °C.

Precizia măsurătorilor este de 0,5% ± 1 digit pentru domeniul de temperatură −200°C ... +500°C. Variaţia rezistenţei termorezistenţei este de la 8Ω la 240Ω iar semnalul de la intrarea convertorului poate varia de la 2 mV la 500 mV c.c.

De menţionat că schema cronometrului indicată în cap. 22 (fig. 150) poate fi adaptată pentru afişarea numerică a temperaturii. Pentru aceasta, indicaţia de tensiune de la traductor (de la punte sau de la amplificator) va fi convertită numeric prin intermediul unui convertor-tesiune durată realizat cu un amplificator operaţional βA 741. Integratorul va furniza o tensiune liniar variabilă (descărcarea unui condensator cu curent constant), ce va marca durata în care generatorul de tact va avea acces la elementele de numărare (vor funcţiona ca numărătoare zecimale). Punînd în corespondenţă frecvenţa generatorului de tact cu durata generării impulsurilor de tact (ca rezultat al conversiei tensiunii date de traductor) se poate asigura afişajul numeric direct în °C.

CAPITOLUL 24

TERMOSTATAREA SOLUŢIILOR FOTOGRAFICE

Prospectele legate de prelucrarea diferitelor materiale fotosensibile subliniază necesitatea respectării cu stricteţe a temperaturii soluţiilor fotografice. Abaterile admise sînt în jur de ±0,2°C la materialele negative color şi ±0,3 ... ±0,5°C la materialele pozitive color şi la cele reversibile. Menţinerea constantă a temperaturii soluţiilor fotografice se poate realiza numai prin termostatare.

24.1 Necesitatea termostatării soluţiilor fotografice

Afirmaţiile privind necesitatea păstrării temperaturii devine şi mai evidente cînd se analizează efectul devierii întîmplătoare sau controlate a temperaturii asupra caracteristicilor materialelor fotosensibile.

Astfel durata revelării în soluţiile standard recomandate de firmele producătoare a materialelor fotosensibile este în general dată la temperatura de

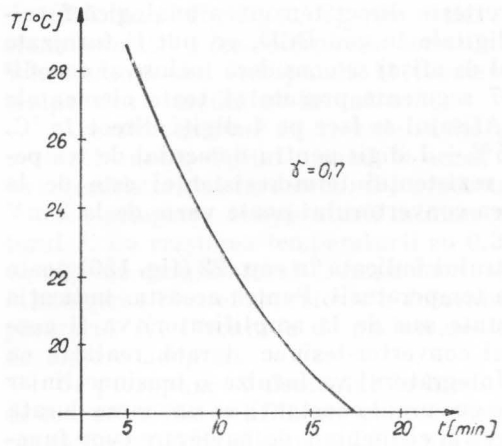


Fig. 177. Diagrama timp de revelare-temperatura soluției, la filmul AGFA ISOPAN developat în revelator ATOMAL, pentru un factor de contrast $\gamma=0,7$.

20°C. Modificarea acestei temperaturi impune în mod obligatoriu modificarea timpului de revelare. Această corelație este indicată la filmele AGFA cu un factor de contrast $\gamma=0,7$ în fig. 177.

Se constată că mărimea temperaturii soluțiilor de revelare impune micșorarea corespunzătoare a duratei de revelare pentru păstrarea factorului de contrast dorit.

Dacă din parametrii de prelucrare ai materialelor fotosensibile se păstrează constantă durata de revelare, la modificarea temperaturii față de temperatura standard recomandată, se modifică factorul de contrast. Curbele de variație ale factorului de contrast, funcție de temperatură sînt date în fig. 178.

Se constată că ridicarea temperaturii duce la creșterea sensibilă a factorului de contrast. Această creștere este mai evidentă la depășirea unei anumite temperaturi.

În cazul materialelor fotosensibile color modificarea temperaturii în diferite etape de lucru duce la debalansări apreciabile ale factorului de contrast pe galben, magentă, cian, ceea ce echivalează cu o redare necorespunzătoare a culorilor pe pozitiv.

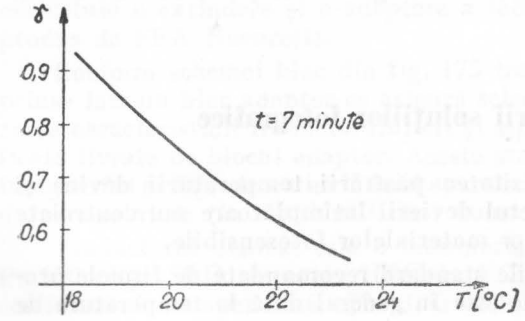


Fig. 178. Diagrama factor de contrast-temperatura soluției la prelucrarea filmului AGFA ISOPAN în revelator AGFA FINAL timp de 7 minute.

24.2 Principiul termostatării electronice

Termostatarea electronică constituie un proces de reglare a temperaturii care dă posibilitatea, ca pe baza măsurătorilor efectuate, să se acţioneze direct asupra temperaturii soluţiilor fotografice (fig. 179).

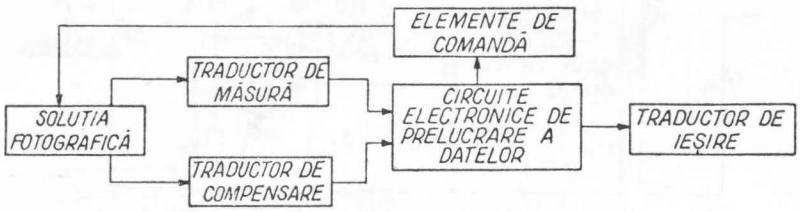


Fig. 179. Schema bloc a sistemului de măsură şi reglare automată a temperaturii soluţiilor fotografice.

Circuitele electronice de prelucrare a datelor compară valorile date de traductorul de măsură cu o valoare de referinţă şi prin intermediul unor elemente de comandă acţionează în sensul creşterii sau scăderii temperaturii soluţiilor. Printr-un traductor de ieşire informaţiile respective pot fi şi afişate pentru a fi urmărite, înregistrate sau pur şi simplu indicate.

24.3 Termostate pentru soluţii fotografice

Orice fotograf caută să efectueze procesele de prelucrare a materialelor fotosensibile într-o ambianţă de încăpere cu o temperatură cvasiconstantă şi dacă se poate puţin inferioară temperaturii recomandate pentru prelucrare. Acest deziderat nu se poate îndeplini întotdeauna şi în nici un caz cu rigurozitate cerută de prelucrarea materialelor fotosensibile color. Pentru aceasta s-au dezvoltat numeroase tipuri de termostate care realizează, unele numai încălzirea soluţiilor, altele şi răcirea acestora.

În acest sens se vor prezenta cîteva scheme şi dispozitive de termostatare ce pot fi utilizate în laboratoarele fotografice.

24.3.1 Termostat de încălzire cu traductor-termistor

Schema acestui termostat utilizează ca traductor un termistor montat în circuitul unui oscilator de relaxare realizat cu un tranzistor unijoncţiune (fig. 180).

Termistorul este introdus într-o capsulă de sticlă umplută cu ulei siliconic, ce se imersează în soluţia a cărei temperatură urmează să fie controlată.

Valoarea temperaturii de referinţă se stabileşte cu potenţiometrul P_1 din circuitul TUJ-ului. Reglajul se face la temperatura de lucru a termostatului cînd TUJ-ul oscilează cu o perioadă mai mare sau egală cu semiperioada curentului alternativ de 50 Hz. La creşterea temperaturii rezistenţa termistorului T_h scade şi se micşorează astfel perioada de oscilaţie a TUJ-ului. În acest

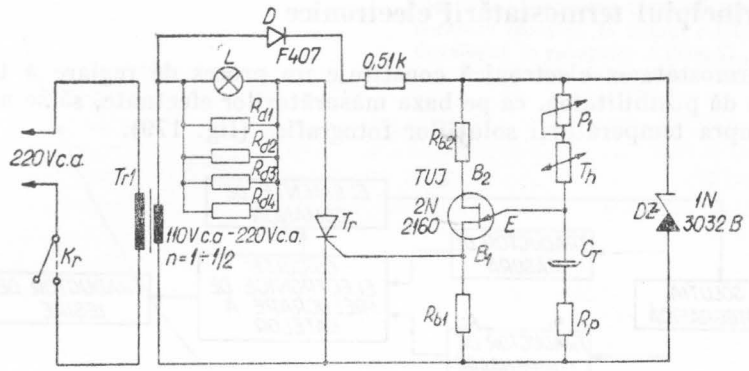


Fig. 180. Schema electrică de termostat cu traductor termistor și tiristor de comandă a încălzirii.

fel unghiul α, de deschidere al tiristorului reglat prin TUJ aproape la zero, va crește, și tiristorul comandat la fiecare semialternanță pozitivă va asigura curentul prin elementele disipative $R_{d1}-R_{d4}$. Acest regim este semnalizat și de lampa L care va lumina cu o intensitate mai mare sau mai mică funcție de comanda primită pe tiristor.

În cazul în care se urmărește menținerea constantă a temperaturii soluției dintr-o tasă de developare capsula de sticlă și elementele disipative izolate sînt introduse în lichid.

Dacă se urmărește menținerea temperaturii într-o doză sau tanc de developare numai capsula de sticlă cu termistor se introduce în doză iar elementele radiatoare de căldură se introduc într-un vas cu apă în care este introdusă și doza de developare.

Cu acest montaj se poate asigura o precizie a termostatării de $\pm 0{,}1°C$, în cazul în care se utilizează un termistor cu coeficient de temperatură $\alpha = -6\%/°C$ de tip B 8230A/1k3. Această precizie este mai redusă la termostatarea dozei de developare datorită inerției schimbului de căldură între elementul disipativ și soluția din doză. De aceea se impune ca la pornirea termostatării automate să fie stabilit un regim de temperatură a soluțiilor fotografice cît mai apropiat de cel nominal de lucru.

24.3.2 Termostat de încălzire cu traductor-diodă

Schema unui astfel de termostat utilizează ca traductor o diodă cu siliciu, care cu precauțiile arătate anterior, se introduce în soluția ce urmează să fie termostatată (fig. 181).

Dioda este alimentată continuu prin tranzistorul T_1, ce asigură un punct de funcționare a diodei într-o zonă de variație liniară a tensiunii directe cu temperatura. Căderea de tensiune se aplică pe intrarea neinversoare a amplificatorului operațional OP1 de tip μA 709. Pe intrarea inversoare se aplică o tensiune fixată de divizorul potențiometric R_1, P_1, R_2 servind la stabilirea tensiunii de ieșire ($U_{ieș}=R_4 \cdot I_{AB}$) ce comandă comparatorul, realizat tot cu

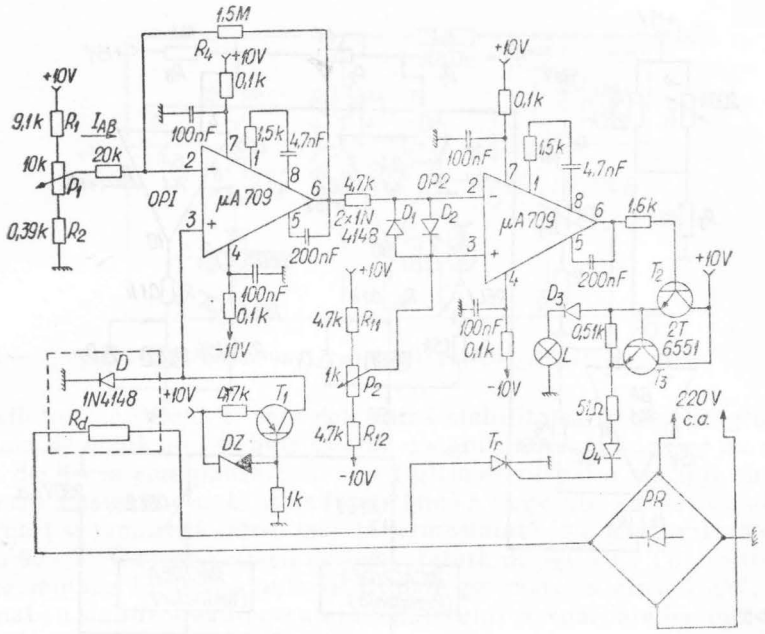


Fig. 181. Schema electrică a unui termostat de încălzire cu traductor diodă.

μA 709. Această tensiune de ieşire se aplică pe intrarea neinversoare a comparatorului. Tensiunea de pe intrarea inversoare este dată de divizorul potenţiometric R_{11}, P_2, R_{12} şi serveşte la stabilirea valorii temperaturii de lucru a termostatului (de exemplu 20°C). Ieşirea comparatorului comandă, prin intermediul unui montaj cu tranzistor compus, o lampă de semnalizare L şi tiristorul T_r.

Tiristorul deschis asigură prin reţea comanda unei rezistenţe disipative, care va încălzi soluţia pînă la atingerea temperaturii selectate. Precizia acestui montaj de termostatare este de $\pm 0{,}1$°C.

24.3.3 Termostat de încălzire şi răcire cu traductor-termistor

Schema unui astfel de termostat utilizează ca traductor un termistor a cărui caracteristică este liniarizată în domeniul 15—25°C cu ajutorul unei rezistenţe adiţionale (fig. 182).

Tensiunea rezultată din montajul termistorului este aplicată pe intrarea neinversoare a OP1 unde se compară cu valoarea stabilită de divizorul R_1, P_1, R_2. Acest divizor reprezintă elementul de referinţă şi serveşte la selecţia valorii temperaturii ce urmează să fie termostatată.

Celelalte două amplificatoare OP2 şi OP3 constituie un detector de prag de zero şi servesc ca discriminator de sens al variaţiei potenţialului de la ieşirea OP1.

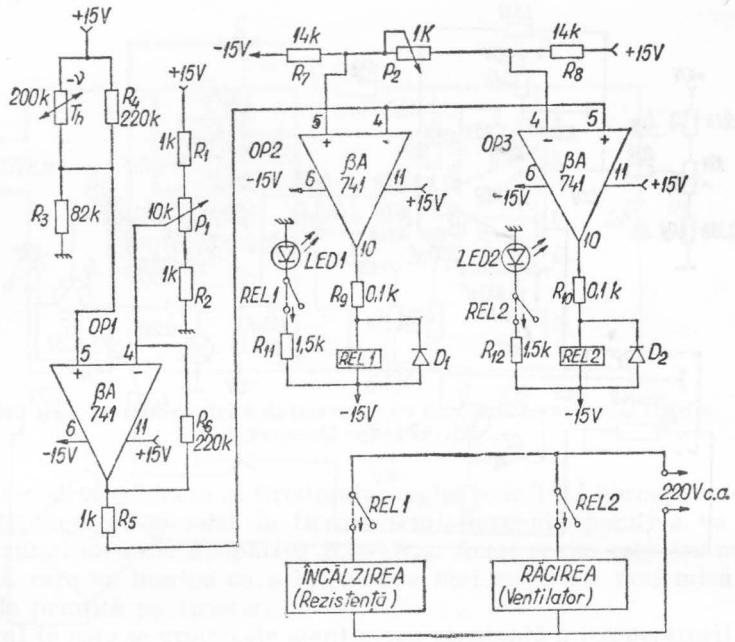


Fig. 182. Schema electrică de termostat cu încălzire și răcire.

În cazul în care temperatura scade, rezistența termistorului crește și potențialul aplicat OP1 scade. Această scădere, dacă este în limitele stabilite de P_2 înseriat cu R_7 și R_8, nu afectează funcționarea montajului. În cazul în care scăderea este mai mare decît pragul impus prin P_2 (de exemplu 20 mV) se va acționa REL1, situație marcată de aprinderea LED1 de culoare galbenă. Se dă astfel comanda sursei de încălzire ce poate fi un bec colorat în negru sau roșu respectiv o rezistență izolată amplasate în soluția termostatată. Pentru o mai bună eficacitate a termostatării soluția trebuie agitată manual sau automat cu un agitator cu temporizare de acționare reglabilă.

La creșterea temperaturii, traduse prin depășirea pragului fixat prin P_2, rezultatul funcționării concrete a montajului va fi acționarea REL2 marcată de aprinderea LED2 de culoare roșie. Prin contactul acestui releu se comandă acționarea unui ventilator ce angrenează aer rece spre tasa cu soluție sau spre doza de developat (aerul rece se obține de la o incintă cu cuburi de gheață).

Precizia unui astfel de termostat este în jur de 0,05°C.

24.4 Termostate pentru cristale de cuarț

Un corolar al termostatării soluțiilor fotografice îl constituie termostatarea cristalelor de cuarț folosite la cronometrele electronice de mare stabilitate.

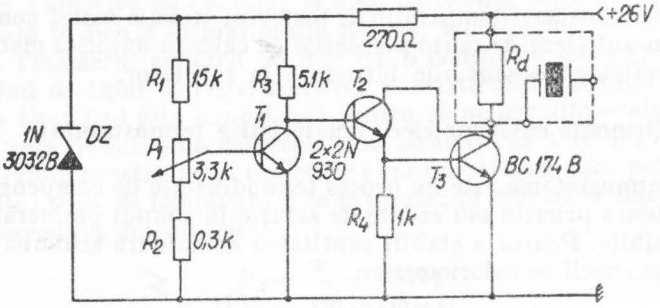


Fig. 183. Schema unui termostat pentru cristale cu cuarț.

Oscilatoarele cu cuarț, care determină stabilitatea frecvenței generatorului de tact de numărare, trebuie să aibă o stabilitate mai bună cu un ordin de mărime decît cea corespunzătoare erorii ultimei cifre din afișajul numeric.

Pentru a asigura o stabilitate foarte bună a frecvenței oscilatorului, cristalul de cuarț se montează într-o incintă termostatată la o temperatură de lucru de circa 60—70°C și cu variații de temperatură de ±0,1°C. Tot pentru stabilitate se impune limitarea puterii disipate pe cuarț la circa 1 μW. Trebuie menționat că stabilizarea frecvenței oscilatorului cu cuarț are loc într-un interval de timp de ordinul minutelor.

Schema unui termostat pentru cuarț se poate realiza folosind ca traductor de temperatură un tranzistor (fig. 183).

Tranzistorul T_1 de tip 2 N 930, la o tensiune constantă de polarizare a bazei, prezintă variații ale curentului de colector I_c în funcție de temperatura mediului. Cînd temperatura crește, I_c crește, respectiv scade curentul din colectorul T_3, ce are ca sarcină o rezistență disipativă de 5 W.

Valoarea temperaturii ce urmează să fie menținută constantă se fixează prin polarizarea corespunzătoare a bazei T_1 cu potențiometrul P_1.

Pentru o temperatură de 70°C, la variații de temperatură ale mediului ambiant de ±10°C, precizia de reglare a temperaturii în incinta termostatată este de 0,2°C.

24.5 Principiul de etalonare și verificare a termostatelor electronice

Pentru a analiza detaliat elementele ce intervin în calculul unui termostat pentru soluții fotografice, se alege ca tip de termostat schema indicată în fig. 180 a acestui capitol. Această schemă utilizează ca traductor de temperatură un termistor NTC și realizează doar încălzirea soluției. Cazul concret de termostatare se referă la termostatarea soluției de revelare color dintr-o tasă de dimensiuni medii avînd o masă a lichidului (m) de ordinul a 2—3 kg. Se consideră că tasa se află într-un mediu ambiant cu o temperatură inferioară celei de lucru, astfel că variațiile de temperatură ale soluției sînt

numai în sensul scăderii temperaturii. Sistemul trebuie astfel conceput încît să compenseze suficient de rapid pierderile de căldură datorită mediului ambiant şi materialelor fotosensibile introduse în revelator.

24.5.1 Elemente calorimetrice caracteristice termostatului

Termostatarea este un proces termodinamic de compensare a cantităţilor de căldură primite sau cedate de soluţie în timpul prelucrării materialelor fotosensibile. Pentru a stabili cantitatea de căldură schimbată, se utilizează relaţiile specifice calorimetriei:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad [J] \tag{1}$$

unde Q este cantitatea de căldură primită sau cedată, m — masa lichidului în kg, c — căldura specifică a revelatorului iar ΔT — variaţia de temperatură în °K. Căldura specifică, exprimată în J/kg·°K, reprezintă o constantă şi indică cantitatea de căldură necesară pentru creşterea sau micşorarea temperaturii unităţii de masă a lichidului cu o unitate de temperatură. Căldura specifică a apei în intervalul de temperatură 0—100°C, la presiune constantă, este c_{pc} (H_2O)=4·185 J/kg·°K.

Revelatoarele fotografice ce urmează să fie termostatate sînt în general soluţii alcaline de concentraţii medii. Cu toate variaţiile de *p*H ale soluţiilor fotografice revelatoare sau fixatoare se poate considera că ele au călduri specifice apropiate de cea a apei neutre. Pentru o exactitate mai mare căldura specifică se poate stabili experimental măsurînd prin comparaţie modificarea temperaturii unei cantităţi egale de apă şi soluţia fotografică la acceptarea aceleaşi cantităţi de căldură:

$$c_{pc}(H_2O) = \frac{Q_1}{m \cdot \Delta T_1} \quad [J/kg \cdot °K] \tag{2}$$

$$c_{pc}(Rev) = \frac{Q_2}{m \cdot \Delta T_2} \quad [J/kg \cdot °K] \tag{3}$$

Din relaţia (*2*), cunoscînd valoarea c_{pc} (H_2O), se poate stabili Q_1. În condiţiile în care $Q_1 = Q_2$ din relaţia (*3*) rezultă c_{pc} (Rev).

Cunoscînd datele iniţiale legate de revelator, adică m şi c_{pc}(Rev), se poate stabili pe baza relaţiei (*1*) Q necesar pentru mărirea sau micşorarea temperaturii revelatorului cu o fracţiune ΔT. De remarcat că intervalele de temperatură exprimate în °C şi cele de temperatură absolută exprimate în °K sînt identice.

24.5.2 Elementele energetice ale termostatului

Cantitatea de căldură pierdută Q trebuie compensată cu o cantitate de energie echivalentă W produsă de o sursă exterioară. Cea mai practică modalitate este cea care utilizează efectul termic al curentului electric. Deoarece randamentul transferului de căldură (η) nu poate fi 100%, cantitatea de energie necesară va fi dată de relaţia:

$$W = \frac{Q}{\eta} \quad [J] \tag{4}$$

Ca surse disipative de căldură, se aleg rezistenţe electrice de putere care vor fi imersate în lichid în mai multe puncte, izolate electric printr-o teacă protectoare. Transferul căldurii se face cu o constantă de timp determinată în primul rînd de tipul izolaţiei electrice a rezistenţelor disipative. Această constantă de timp (τ_t) este importantă pentru că ne permite evaluarea corectă a puterii pe care trebuie să o debiteze sursa electrică în sarcină. De asemenea constanta de timp constituie un indicator al rapidităţii cu care pot fi compensate variaţiile bruşte de temperatură ce se produc în special la imersarea materialelor fotosensibile în soluţii:

$$P_d = \frac{W}{\tau_t} \quad [W] \tag{5}$$

În schema indicată elementul de comandă a rezistenţelor disipative este un tiristor. Se presupune că valoarea tensiunii maxime a curentului alternativ din secundarul transformatorului este inferioară tensiunii directe sau inverse suportate de tiristor.

Tiristorul, aşa cum s-a arătat în capitolul 20.2, se amorsează prin impulsurile furnizate de oscilatorul de relaxare cu un defazaj φ ce asigură un unghi de conducţie α, teoretic între 0 şi 180°. Formele de undă sînt cele indicate în fig. 135.

Valoarea medie a tensiunii la bornele sarcinii este: [10]

$$V_{med\,\varphi} = \frac{V_M}{2\pi} \int_{\varphi}^{\pi} \sin \omega t \cdot d(\omega t) = \frac{V_M}{2\pi} (1 + \cos \varphi) \quad [V] \tag{6}$$

unde $\varphi = 180° - \alpha$ (7)

Pentru $\varphi = 0$, tensiunea medie maximă are valoarea $V_{med\,0} = \frac{V_M}{\pi}$

Valoarea eficace a tensiunii este dată de relaţia:

$$V_{ef\varphi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\int_{\varphi}^{\pi} (V_M \cdot \sin wt)^2 \cdot d(wt)} = \frac{V_M}{2} \sqrt{1 - \frac{\varphi}{\pi} + \frac{\sin 2\varphi}{2}} \quad [V] \tag{8}$$

Pentru $\varphi = \pi$ $V_{ef\,\pi} = 0$ iar pentru $\varphi = 0$ $V_{ef\,0} = \frac{V_M}{2}$ unde V_M este valoarea tensiunii maxime din secundarul transformatorului.

Relaţia dintre puterea disipată, valoarea tensiunii efective reglate prin defazajul φ şi sarcina disipativă R_d este dată de relaţia:

$$P_{de} = \frac{V_{ef\varphi}^2}{R_d} \quad [W] \tag{9}$$

Din aceste relaţii rezultă că pentru compensarea pierderii de căldură, prin energia disipată pe elementele rezistive comandate de tiristor, trebuie modificat unghiul de conducţie α, în sensul creşterii lui, cu o valoare care să asigure pentru R_d dat o tensiune $V_{ef\varphi}$ în secundar astfel încît P_{de} să fie egal cu P_d din relaţia (5). De menţionat că pentru variaţii de temperatură de −0,1°C cu o constantă de timp de circa 10 s se impune ca raportul de transformare (n) al transformatorului Tr 1 să fie unitar sau cel mai puţin 1/2.

Valoarea unghiului de defazaj φ se stabileşte din relaţia (8). Pentru o sarcină de 10 Ω şi o cantitate de revelator de circa 2 kg, păstrînd condiţiile anterioare, rezultă un unghi de conducţie $\alpha \approx 1°$.

24.5.3 Calculul elementului de comandă şi reglare

Unghiul de defazaj φ [rad], reglat la temperatura de lucru a termostatului la o valoare de 180° (π rad), se poate modifica prin intermediul elementului de comandă a tiristorului — un tranzistor unijoncţiune într-un montaj de oscilator de relaxare. Modificarea unghiului de defazaj φ sau a unghiului de conducţie α se face prin modificarea perioadei de oscilaţie T_g a TUJ-ului, a cărei valoare este determinată de constanta de timp a circuitului de temporizare şi de raportul intrisec η.

$$T_g = R_T C_T \ln \frac{1}{1-\eta} \quad [s] \tag{10}$$

unde: $R_{Th} = R_p + P_1 + R_{Th}$ iar η este o dată de catalog cu valori medii de 0,6—0,7.

Valoarea iniţială a T_g se pune în corespondenţă cu frecvenţa reţelei de c.a. conform relaţiei:

$$T_g = \frac{1}{2f} \quad [s] \tag{11}$$

fiind stabilită la o valoare de 10 ms, egală cu semiperioada tensiunii de reţea.

Pentru variaţii mici ale unghiului de conducţie al tiristorului se poate calcula modificarea impusă perioadei de oscilaţie a TUJ-ului cu formula:

$$T_{g\alpha} = T_g \frac{\pi \cdot \alpha}{\pi} \quad [s] \tag{12}$$

Dintre elementele care determină T_g respectiv $T_{g\alpha}$ valoarea C_T se alege în funcţie de valoarea R_{T0} a termistorului utilizat. Coeficientul de temperatură α_{Th}, ca valoare absolută, va trebui să fie mai mare decît variaţia procentuală a perioadei de oscilaţie, pentru a putea avea acea modificare a T_g, care să ducă în final la asigurarea P_d necesare termostatării cu constanta de timp aleasă.

$$\alpha_{Th} > \frac{T_g - T_{g\alpha}}{T_g} \tag{13}$$

Raportul acestor mărimi $\dfrac{\dfrac{T_g - T_{g\alpha}}{T_g}}{\alpha_{Th}}$ [°C] (14)

exprimă intervalul de temperatură minim ce poate fi compensat cu constanta de timp aleasă. Pentru un termistor cu $\alpha_{Th} = -6\%/°C$ acest interval este de 0,083°C iar pentru termistoarele TG 6000 cu $\alpha_{Th} = -4\%/°C$ intervalul este de 0,125°C.

24.5.4 Verificarea şi etalonarea termostatelor

Elementele de calcul indicate la punctele anterioare constituie o bază de calcul a unui anumit tip de termostat care permite o comandă analogică, ce asigură o mare precizie a termostatării. Marea majoritate a termostatelor lucrează însă pe principii mult mai simple de tip termoreleu, de deconectare a sursei de încălzire la atingerea unei temperaturi critice, care este de obicei şi temperatura de termostatare. Acesta este cazul termostatelor prezentate la punctul 3.2 şi 3.3 ale acestui capitol. În cazul termostatului cu încălzire şi răcire (fig. 182) temperatura de termostatare se consideră ca mijlocul unui interval de temperatură, a cărei depăşire într-un sens sau altul duce la acţionarea elementelor de încălzire sau răcire.

Indiferent de tipul termostatului etapele de verificare sînt următoarele:

— Se verifică funcţionarea sursei de încălzire sau de răcire independent de sistemul termostatului propriu-zis.

— Se verifică, prin simulare, funcţionarea dispozitivului de comandă, conectat cu taductoarele de temperatură (se înlocuiesc traductoarele de temperatură cu elemente potenţiometrice reglabile sau cu surse de tensiune variabilă).

— Se verifică funcţionarea traductoarelor de ieşire, în cazul în care se indică, se semnalizează sau se înregistrează variaţiile de temperatură.

— Se verifică etalonarea corectă a termostatului cu ajutorul unui termometru de precizie.

Operaţia cea mai importantă legată de termostate este cea de etalonare, pentru care se foloseşte un termometru exterior (de preferat cu afişaj numeric) ale cărui indicaţii vor fi folosite sub formă de valori de temperatură în °C sau zecimi de °C. Valorile temperaturilor de termostatare selectate se vor marca pe potenţiometrele de reglaj care însoţesc toate schemele de termostate prezentate şi vor corespunde temperaturii la care se va deconecta în mod automat sursa de încălzire. Aceste valori se reglează chiar din potenţiometre în funcţie de indicaţiile date de termometrul etalon şi de necesităţile impuse de procesul de prelucrare a materialelor fotosensibile.

În cazul termostatului cu încălzire şi răcire, pe lîngă potenţiometrul de reglare a temperaturii de termostatare P_1 etalonat în modul prezentat anterior (fig. 182), mai intervine potenţiometrul P_2 ce permite reglarea intervalului de temperatură în care se păstrează un echilibru şi în care nu intervin elementele de comandă a încălzirii sau a răcirii. În acest caz precizia termostatului este direct legată de selecţia acestui interval. Acest interval nu poate fi făcut oricît de mic fiind limitat de tensiunea de decalaj de intrare şi ieşire a amplificatoarelor operaţionale utilizate. În acest sens montajul poate fi completat cu elemente potenţiometrice de compensare a decalajului de tensiune de la ieşirea amplificatoarelor.

La folosirea practică a termostatelor problemele care se impun a fi rezolvate cu atenţie sînt cele legate de izolarea electrică a traductoarelor de temperatură imersate în tasele de developare, izolarea electrică a elementelor disipative de energie cît şi cele legate de amplasarea acestor elemente în tasele termostatate. În general se recomandă ca etalonarea termostatelor să se facă în condiţii cît mai apropiate de cele normale de utilizare.

Considerațiile arătate mai sus sînt valabile și în cazul etalonării diferitelor tipuri de termometre electronice prezentate, aceste termometre putînd fi la rîndul lor folosite la etalonarea termostatelor electronice.

CAPITOLUL 25

COMANDA ȘI REGLAREA AUTOMATĂ A USCĂTOARELOR DE HÎRTIE FOTOGRAFICĂ

Uscătoarele sînt dispozitive electrice rezistive, alimentate de obicei de la rețea și care asigură uscarea fotografiilor după prelucrarea lor foto-chimică. Nu rareori calitatea fotografiei este determinată de modul în care fotografiile au fost uscate, durata acestei uscări și de temperatura de lucru a uscătorului.

În acest sens adaptarea unor dispozitive electronice prezentate anterior permite controlul și reglarea automată a uscătoarelor.

25.1 Principiul de comandă și reglare a uscătoarelor

Uscătoarele pentru hîrtie fotografică, indiferent de puterea lor și de suprafața hîrtiei pe care o usucă simultan, au în general același regim de funcționare. Se încălzesc de la rece (10—15°C) la o temperatură de circa 50—60°C în regimul de uscare (cînd apa nu s-a evaporat de pe hîrtie, de pe plăcile cromate și din pînza de presare), ca să se ridice temperatura la circa 70—75°C cînd fotografiile sînt complet uscate.

Durata de uscare depinde de cantitatea hîrtiei pusă la uscare, de regimul de aerisire a uscătorului (e bine ca uscătorul în poziția de lucru să permită evaporarea rapidă a apei pe ambele fețe ale uscătorului) și de tipul hîrtiei — subțire sau carton. Această durată pentru același tip de hîrtie este practic constantă.

Din punct de vedere al calității fotografiilor, uscarea prelungită și menținerea fotografiilor la temperatură ridicată (în jur de 75°C) este cea mai periculoasă, cu toate că suprafețele fotosensibile ale hîrtiei sînt baritate.

Reglarea regimului optim de funcționare a uscătoarelor se face prin folosirea criteriului timp de uscare sau a temperaturii maxime de uscare respectiv prin îmbinarea acestor două criterii pentru o reglare automată. Schemele bloc de reglare a regimului de uscare vor fi în acest caz următoarele (fig. 184).

În primul caz, regimul de lucru al uscătorului este reglat pe principiul criteriului timp (*a*) cu ajutorul unui ceas de control reglabil pentru durate mari (10—15 minute). Ceasul de supraveghere, a cărui funcționare este asemă-

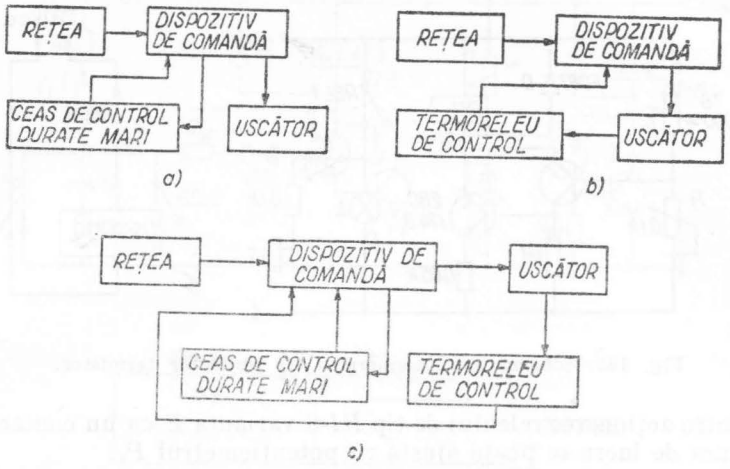


Fig. 184. Schemele bloc de comandă și reglare automată a regimului de lucru al uscătoarelor avînd la bază:
a — criteriul timp; *b* — criteriul temperatură critică; *c* — criteriul timp și temperatură critică.

nătoare cu cea a ceasurilor de expunere, va fi acționat odată cu alimentarea uscătorului de la rețea și va deconecta automat uscătorul după un timp prestabilit.

În al doilea caz regimul de funcționare a uscătorului se stabilește pe principiul temperaturii critice (*b*) cu ajutorul unui termoreleu. Atingerea temperaturii critice, preselectate, duce prin schema termoreleului la deconectarea alimentării uscătorului.

Cele mai bune rezultate le dau schemele care îmbină aceste două criterii de control (*c*), ambele acționînd în sensul deconectării automate a uscătorului.

Traductorul de temperatură se fixează de capacul uscătorului avînd grijă să se asigure un contact termic cît mai bun.

25.2 Termorelee de semnalizare și control al uscătoarelor

Termoreleele sînt elemente care au o funcționare de tip releu la atingerea unei temperaturi considerate critice. În acest mod ele pot fi utilizate la deconectarea automată a uscătoarelor, respectiv la controlul regimului de funcționare al acestora cu eventuala semnalizare. Tot termoreleele pot fi folosite la semnalizarea depășirii temperaturii apei de spălare a materialelor fotosensibile. Cele mai utilizate traductoare de temperatură sînt termistoarele *NTC* și *PTC*. Schema unui termoreleu cu traductor termistor *NTC* este dată în fig. 185.

Calculul divizorului de curent din baza tranzistorului T_1 se face astfel, încît la temperatura maximă admisă (ce urmează să fie controlată și semnalizată), să se asigure datorită scăderii rezistenței termistorului, un curent sufi-

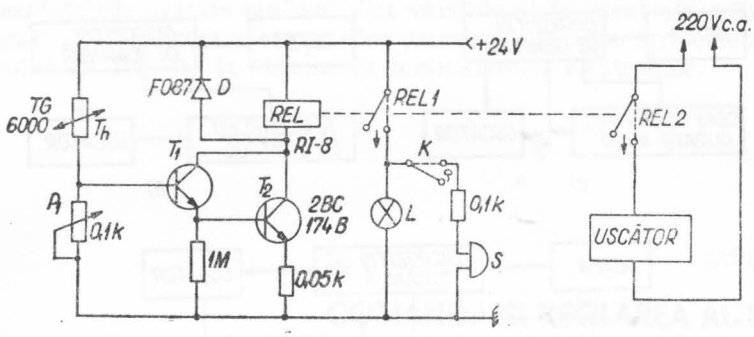


Fig. 185. Schema unui termoreleu cu traductor termistor.

ficient pentru acționarea releului de tip *RI-8* varianta *E* cu un contact întărit. Temperatura de lucru se poate ajusta cu potențiometrul P_1.

Acționarea releului REL poate duce la o semnalizare optică prin lampa *L*, la o semnalizare acustică prin soneria *S*, respectiv prin contactul *REL* 2 la deconectarea automată a uscătorului.

Termoreleul de deconectare automată la supraîncălzirea uscătorului se poate realiza și cu un termistor cu coeficient pozitiv de temperatură *PTC* (fig. 186).

La temperatura mediului ambiant, respectiv la creșterea temperaturii într-un anumit domeniu, determinat de caracteristica traductorului *PTC* și de valoarea preselectată prin potențiometrul *P*, uscătorul va fi alimentat prin contactul releului acționat. La atingerea temperaturii critice, crește brusc rezistența termistorului *PTC*, tranzistorul *T* se blochează, releul *REL* se dezexcită și se deconectează alimentarea uscătorului.

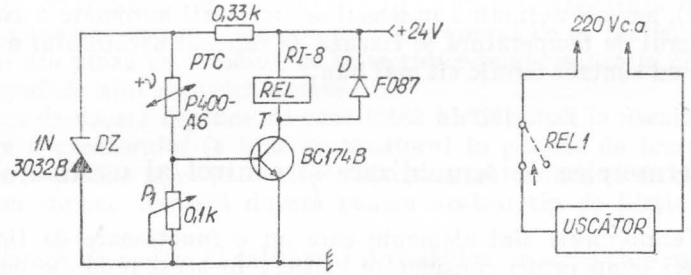


Fig. 186. Schema unui termoreleu cu traductor termistor PTC.

25.3 Sisteme automate de comandă și reglare a uscătoarelor

Stabilirea regimului optim de uscare a hîrtiei fotografice, la uscătoarele obișnuite de laborator, se face conform schemei bloc din fig. 184, *c* care utilizează pentru reglare atît criteriul timp cît și cel de temperatură

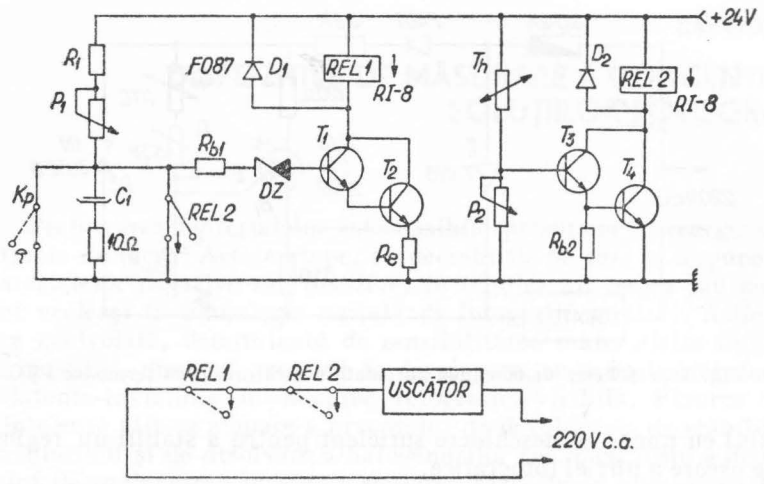


Fig. 187. Schema de deconectare automată a uscătorului.

critică. O schemă practică de deconectare automată a uscătoarelor pe aceste criterii este dată în fig. 187.

Ceasul de control, realizat pe principiul temporizării indicate în cap. 18.3, este reglabil în funcţie de duratele stabilite practic pentru diferite tipuri de hîrtie. Termoreleul este de tipul celui prezentat la punctul anterior al acestui capitol.

La introducerea uscătorului în priză, acesta va fi acţionat prin contactele releelor neacţionate *REL*1 înseriat cu *REL*2. Se porneşte ceasul de control prin apăsarea butonului K_p. După temporizarea reglabilă din potenţiometrul P_1, releul *REL*1 se va acţiona şi va deconecta uscătorul.

Deconectarea uscătorului se poate face şi la atingerea temperaturii critice de 70—75°C, marcată de un termoreleu cu traductor-termistor montat pe cutia uscătorului. Acţionarea *REL*2 va duce la oprirea ceasului de control. În momentul în care temperatura uscătorului scade sub valoarea critică, ceasul de control este pus din nou în funcţiune. Acţionarea *REL*1 taie definitiv alimentarea uscătorului.

Stabilirea valorilor optime de durată şi temperatură pentru ceasul de control cît şi pentru termoreleu se va face practic pentru fiecare tip de uscător.

Temperatura de lucru a uscătoarelor poate fi comandată şi printr-un tiristor cu o schemă funcţională bazată tot pe criteriul temperaturii critice (fig. 188).

Dependenţa dintre temperatura uscătorului şi tensiunea de comandă se realizează prin traductorul termistor *PTC* montat în circuitul unui tranzistor unijoncţiune. Alimentarea *TUJ*-ului se face printr-un redresor monoalternanţă şi este stabilizată ca valoare de vîrf cu o diodă Zener. *TUJ*-ul asigură comanda

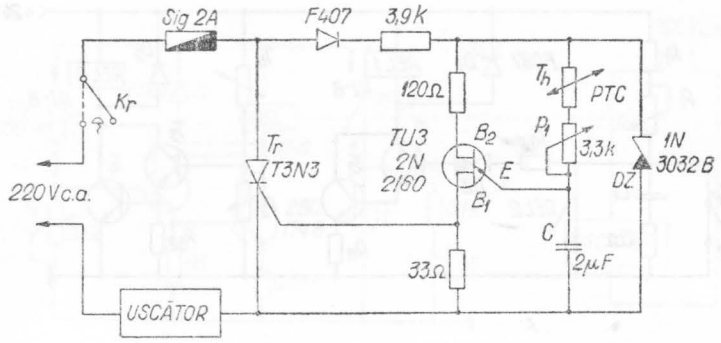


Fig. 188. Schema de comandă automată a uscătorului cu termistor PTC.

tiristorului cu unghi de deschidere suficient pentru a stabili un regim termic optim de uscare a hîrtiei fotografice.

La depăşirea temperaturii critice, fixate din potenţiometrul P_1, creşte perioada de oscilaţie a TUJ-ului şi unghiul de deschidere α al tiristorului devine practic zero, alimentarea uscătorului fiind blocată. Cînd temperatura uscătorului coboară sub o anumită valoare se dă din nou alimentare uscătorului.

Bazat tot pe criteriul temperatură critică, acelaşi montaj poate fi realizat cu ajutorul unui termistor obişnuit NTC montat însă în circuitul EB_1 (fig. 189).

La creşterea temperaturii, termistorul montat pe cutia uscătorului îşi modifică valoarea şi la atingerea unei anumite temperaturi (preselectate prin potenţiometrul P_1) şuntează joncţiunea EB_1 oprind oscilaţiile TUJ-ului. În timpul funcţionării normale oscilaţiile sînt detectate servind la acţionarea releului REL, al cărui contact se află în circuitul de alimentare a uscătorului. În cazul în care nu se doreşte o reluare ciclică a deconectării şi reconectării uscătorului (dată de histerezisul termistorului şi a constantei de timp a întregului sistem) un contact al releului, inseriat cu butonul K_0, serveşte la blocarea definitivă a oscilatorului.

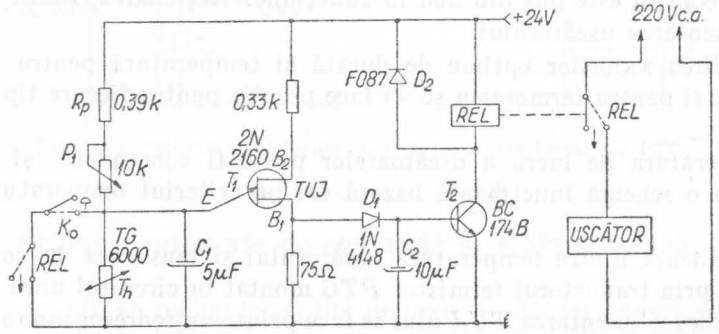


Fig. 189. Schema de comandă automată a uscătorului cu termistor NTC.

CAPITOLUL 26

DISPOZITIVE DE MĂSURARE A CONCENTRAȚIEI SOLUȚIILOR FOTOGRAFICE

Prelucrarea materialelor fotosensibile presupune parcurgerea unor etape distincte de lucru. Aceste etape, cu deosebirile pe care le impune prelucrarea materialelor negative sau pozitive, în tehnica alb-negru sau color, în esență sînt aceleași în tehnologia uzitată de fotografii amatori. Astfel după o expunere controlată, determinată de sensibilitatea materialelor fotografice cu care se operează, urmează procesul de developare, ce permite transformarea imaginii latente-invizibile în imagine fotografică-vizibilă. Fixarea acestei imagini, înțeleasă atît ca stopare a procesului de developare, de stabilizare în timp a imaginii cît și de dizolvare a halogenurilor neexpuse, este a doua fază a procesului de prelucrare. În sfîrșit spălarea servește la eliminarea tuturor produselor rezultate din multiplele reacții care au loc între materialul fotosensibil și soluțiile de developare respectiv de fixare.

Urmărirea uzurii soluțiilor, aprecierea comparativă a diferitelor rețete, stabilirea unor condiții optime de lucru, se poate realiza numai prin măsurători precise a unui indicator special — concentrația ionilor de hidrogen (*p*H). Aceste măsurători corelate cu cunoașterea precisă a caracteristicilor materialelor fotosensibile și a temperaturii de lucru permit stăpînirea riguroasă a proceselor de prelucrare.

26.1 Definirea pH-ului

În practică nu se folosește efectiv concentrația ionilor de hidrogen, ci *p*H-ul sau exponentul de hidrogen definit ca;

$$pH = -\log c_{H_3O^+} = \log \frac{1}{c_{H_3O^+}}$$

În soluții apoase, concentrația ionilor de hidrogen variază între 1 și 10^{-14} ioni-g/l, ceea ce înseamnă că *p*H-ul poate varia între 0 și 14. În cazul unei concentrații $c[H^+]=10^{-7}$ $pH=7$ și soluția se consideră neutră. Cînd $pH>7$ (pînă la 14) soluția se consideră bazică cu variații de la ușor, mediu la puternic bazică. Cînd $pH<7$ (pînă la 0), soluția se consideră acidă cu variații de la ușor, mediu la puternic acidă.

Folosind scara logaritmică înseamnă că o modificare a *p*H-ului unei soluții cu o unitate se traduce într-o creștere sau descreștere a concentrației ionilor de hidrogen de 10 ori.

Trebuie menționat că între concentrația unei soluții și *p*H nu este o legătură de proporționalitate. De asemenea, în mod normal *p*H-ul se definește la temperatura de 25°C.

26.2 Elemente fizico-chimice caracteristice soluțiilor fotografice

În practica fotografică sînt utilizate și recomandate nenumărate soluții de developare și fixare. Aceste soluții deși cuprind substanțe diferite, în diverse raporturi procentuale, mecanismele reacțiilor de bază sînt identice. Înțelegerea acestor mecanisme presupune cunoașterea caracteristicilor fizico-chimice atît ale emulsiei fotosensibile cît și ale soluțiilor uzual folosite în fotografie. Prezentînd aceste caracteristici se va accentua asupra valorilor de *p*H optim.

26.2.1 Emulsia fotografică

Emulsia fotografică cuprinde ca principali constituenți gelatina și halogenurile de argint.

— *Gelatina*, preparată din colagen, este mediul de dispersie a microcristalelor de halogenură de argint. Gelatina din punct de vedere chimic este un compus de aminoacizi de tip polipeptidic. În general și în mod special gelatinele fotografice au o acțiune tampon bună pentru un *p*H cuprins între 2 și 7, respectiv în jurul valorii de 10. Din punct de vedere fizic gelificarea sau topirea are loc în jurul temperaturii de 40°C (cu un histerezis de cîteva grade). Introdusă în apă gelatina se umflă prin absorbția apei. Gradul de umflare, care asigură difuzia respectiv eliminarea unor produse de reacție, este maximă pentru *p*H cuprins între 5 și 7 și în jurul valorii de 10.

Celelalte proprietăți fizice ca viscozitatea, solubilitatea, presiunea osmotică sînt de asemenea influențate de *p*H-ul soluțiilor în care este introdusă pelicula la prelucrare.

Gelatina cuprinde natural sau adăugat și alte substanțe avînd funcția de acceleratori sau inhibitori de developare, sensibilizatori sau desensibilizatori de contrast respectiv inhibitori de voal.

— *Halogenurile de argint* — bromura de argint, iodura de argint și clorura de argint (din care cea mai folosită este AgBr) sînt dispersate sub formă de microcristale în gelatină și constituie elementele fotosensibile ce vor reține imaginea fotografiată, mărită sau copiată. Dimensiunile microcristalelor, de la sutimi de micron la microni, determină în bună măsură sensibilitatea și granulația emulsiilor fotografice. Uniformitatea dispersiei microscristalelor și mărimea lor sînt determinate și ele de tipul gelatinei și de *p*H-ul mediului în care se face precipitarea halogenurilor de argint la fabricarea emulsiilor.

26.2.2 Soluții de developare

Soluțiile de developare servesc la reducerea la Ag metalic, a ionilor de argint, din halogenurile dispersate în emulsie și care ca urmare a efectului fotochimic al luminii formează centre de imagine cu o cantitate foarte redusă de Ag metalic. Această reducere este însoțită de oxidarea soluției revelatoare. Reducerea este posibilă numai atunci cînd soluția revelatoare are un potențial

oxido-reducător (P_{redox}) mai negativ decît raportul dintre ionii Ag^+ și Ag, valorile uzuale fiind de −0,11 ... −0,12 V.

Potențialul oxido-reducător este dependent de *p*H-ul soluției. Această dependență este redusă la revelatorii anorganici de tip fenoxalați și ridicată în cazul revelatorilor organici (de fapt aceștia constituie marea majoritate a revelatorilor folosiți de amatori). În general capacitatea de revelare crește *p*H-ul soluției, adică a alcalinității, respectiv cît de negativ este P_{redox}. De menționat că o valoare foarte negativă a P_{redox} poate duce la o reducere spontană a halogenurii de Ag neexpuse, ceea ce echivalează cu o valoare chimică.

Soluțiile de revelare conțin obligatoriu un agent reducător, element ce este responsabil pentru acțiunea de oxido-reducere caracteristică developării. Cei mai cunoscuți agenți developanți sînt:

— *Hidrochinona* sau *p*-difenolul (substanță cristalină, solubilă ușor în apă caldă, mai ales în prezența sulfitului de sodiu), funcționează bine ca revelator în medii-soluții alcaline cu *p*H de minimum 9. Viteza de developare crește odată cu *p*H-ul.

— *Metolul* sau sulfit de *p*-metiloaminofenol (substanță cristalizată fin, solubilă în apă dar mai greu în prezența sulfitului de sodiu), funcționează bine ca revelator în soluții cu *p*H=6 −10.

— *Fenidona*, revelator cu o mare capacitate de developare și care lucrează foarte bine în soluții cu *p*H în jur de 10.

— *Rhodinal* sau *p*-aminofenol (clorhidrat sau oxalat solubil în apă) lucrează bine în soluții ușor alcaline, cu *p*H în jur de 8.

— *Glicina* sau acidul *p*-oxifenilaminoacetic (substanță greu solubilă în apă dar solubilă în soluții de sulfit), revelator lent dar cu o mare capacitate de revelare și care nu produce voal chimic. Glicina lucrează optim la un *p*H=8.

— *p-fenilendiamină* (clorhidrat solubil în apă), agent reducător puternic, folosit la revalatorii de granulație fină și care lucrează bine la *p*H=10.

În practică rareori se folosesc agenți reducători unici ci mai ales combinații ale acestora. Exemplul tipic în acest sens sînt revelatorii care utilizează metolul și hidrochinona în diverse proporții. Capacitatea de developare și viteza de developare a acestor combinații este de obicei mai ridicată decît a soluțiilor care utilizează constituenți individuali.

Soluțiile de revelare pot cuprinde pe lîngă agentul de revelare o *substanță alcalină* (de exemplu carbonat de sodiu sau de potasiu) cu funcția de a menține un P_{redox} scăzut, o *substanță conservantă* (de exemplu sulfit de sodiu) ce servește ca protecție împotriva oxidării și ca dizolvant parțial al halogenurilor de argint cît și o *substanță antivoal* (de exemplu bromura de potasiu) ce împiedică voalul chimic.

26.2.3 Soluții de fixare

Soluțiile de fixare servesc la eliminarea bromurii de argint rămasă neexpusă în emulsia fotosensibilă. Dintre substanțele ce dizolvă halogenurile cel mai cunoscut este tiosulfatul de sodiu. El se utilizează în soluții de circa

20% împreună cu sulfit de sodiu și metabisulfit de sodiu sau de potasiu. Soluțiile de fixare au un *p*H de 4—5. Dacă soluției de fixare i se adaugă un tanant (acid boric, alaun de potasiu sau alaun de aluminiu) *p*H-ul variază în limitele 4—6. De menționat că și soluțiile de fixare trebuie să aibă o acțiune tampon ridicată. Soluțiile de fixare, în cazul unui *p*H scăzut, pot să aibă un efect corosiv asupra argintului din emulsia fotosensibilă, mai ales în cazul unor granulații fine.

În cazul băilor de stopare, care se utilizează anterior procesului de fixare (băile de stopare sînt în general bazate pe acid acetic concentrat cu puțin sulfit de sodiu), *p*H-ul este de 2,5—3.

26.2.4 Apa de spălare

Prezența în continuare a rezidurilor reactivilor folosiți în procesul de developare și fixare poate altera în timp imaginea. Îndepărtarea acestor produse se face printr-o spălare energică cu apă. Așa cum s-a arătat, gradul de umflare a gelatinei, care asigură o bună difuzie a apei de spălare, este maxim într-o zonă a *p*H-ului de la 4 la 7. Valorile uzuale ale *p*H-ului apei de spălare sînt în domeniul 4,5 ... 7,8. La temperatura de 14—18°C, *p*H-ul apei de spălare este de preferat să fie mai ridicat, pentru a reduce durata spălării. În acest sens apa cu clorură de sodiu asigură o spălare rapidă.

26.3 Principiul de măsurare a pH-ului soluțiilor fotografice

Stabilirea practică a valorilor de *p*H, indicate la punctul anterior, pentru diverse soluții fotografice, în anumite faze de prelucrare a materialelor fotosensibile, impune măsurători electrometrice. Același tip de măsurători pot să stabilească și P_{redox}, (între P_{redox} și *p*H fiind o corelație directă ce poate fi evidențiată sub forma unei curbe caracteristice fiecărui tip de soluție).

Principiul de măsură a unui *p*H-metru electronic constă în măsurarea curenților foarte mici (de ordinul picoamperilor) livrați de traductorul de măsură (fig. 190).

Traductorul constă în doi electrozi imersați în soluție. Electrodul de măsură (+) este din sticlă iar cel de referință (—) este din calomel ($Hg/Hg_2Cl_2/KCl$). Electrozii constituie partea cea mai sensibilă a *p*H-metrului și în general sînt livrați pentru un anumit tip de aparat.

Diferența de potențial ce apare între electrozi este amplificată în mai multe etaje de amplificare. Impedanța de intrare în primul etaj trebuie să fie

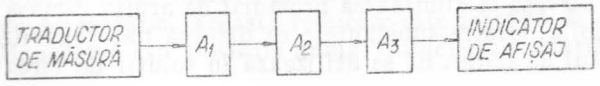


Fig. 190. Schema bloc a *p*H-metrului electronic.

foarte mare pentru a nu influența traductorul de măsură și pentru un consum redus de energie la efectuarea măsurătorii. Rezistența de intrare a acestor amplificatoare este de ordinul a 10^{12} ... 10^{14} Ω.

Indicația finală a amplificatorului este afișată fie analogic pe un indicator de aparat de măsură de tip voltmetru, etalonat în mV sau în unități de *p*H, fie sub formă numerică pe un afișor digital cu 3—4 cifre. Domeniul de măsură poate să acopere întreaga gamă de *p*H sau un domeniu de 2—12 unități *p*H.

Problemele pe care le ridică realizarea unei amplificări de ordinul 10^5 — 10^6, asigurarea unei bune stabilități a variațiilor parametrilor componentelor utilizate, impun complicarea schemei în special la nivelul amplificatorului și a compensărilor necesare la efectuarea măsurătorilor la diferite temperaturi ale soluțiilor (valorile normale de *p*H sînt date în general la 25°C). În acest sens s-au dezvoltat două tipuri de *p*H-metre electronice:

— *p*H-metre cu modulatoare cu diode varicap;

— *p*H-metre cu amplificatoare cu tranzistoare cu efect de cîmp sau cu circuite integrate operaționale.

26.4 pH-metru electronic cu modulator cu diode varicap

În cazul acestor *p*H-metre elementul care traduce variațiile fine ale diferenței de potențial dintre electrozi este un modulator în punte realizat cu diode varicap. Schema bloc a unui astfel de *p*H-metru este dată în fig. 191.

Electrozii sînt conectați la o punte ce cuprinde două diode varicap. Diodele varicap se caracterizează printr-o modificare apreciabilă a capacității în funcție de tensiunea inversă aplicată (domeniul de variație poate atinge și 150 pF). Din acest punct de vedere rolul diodelor varicap poate fi luat și de diode Zener obișnuite. Pentru aplicarea la *p*H-metre, diodele varicap se selectează cu curenți inverși foarte mici și se împerechează prin identitatea parametrilor.

Puntea se alimentează cu un oscilator sinusoidal sau dreptunghiular. Amplificatorul de curent alternativ este urmat de un detector sensibil la fază, care are funcția de demodulator cu o caracteristică de selectivitate foarte ascuțită, banda îngustă de trecere asigurînd o bună imunitate la zgomot. Amplificatorul de curent continuu asigură un nivel de tensiune suficient de mare

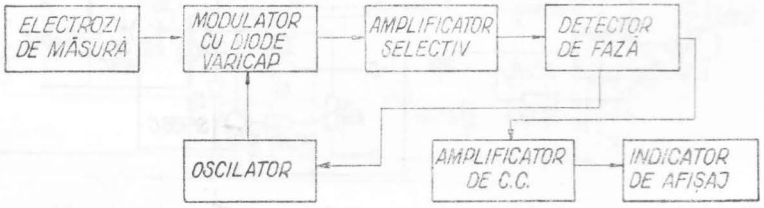


Fig. 191. Schema bloc a unui *p*H-metru cu diode varicap.

pentru ca rezultatul măsurătorii să poată fi indicat pe un instrument de măsură obișnuit sau pe o afișare digitală cu tuburi NIXIE sau 7 segmente.

Schema practică a unui modulator cu diode varicap, utilizată la *p*H-metrul MV 84 (RDG) este dată în fig. 192.

Din schema *p*H-metrului se prezintă numai ansamblul electrometric propriu-zis. Modulatorul în punte cu diodele varicap D_1, D_2 este alimentat cu tensiune sinusoidală dată de oscilatorul realizat cu tranzistorul T_1. Tensiunea de polarizare pentru diodele varicap este dată de un stabilizator parametric simplu realizat cu dioda D_3. Din structura schemei se constată că stabilitatea frecvenței oscilatorului nu este critică.

La stabilirea impedanței de intrare a electrometrului concură reactanța condensatorului de cuplaj C_c (la frecvența de lucru) și impedanța de intrare a primului etaj de amplificare în c.a., acesta din urmă avînd o valoare mult mai mare pentru a asigura o sensibilitate cît mai ridicată a schemei și a *p*H-

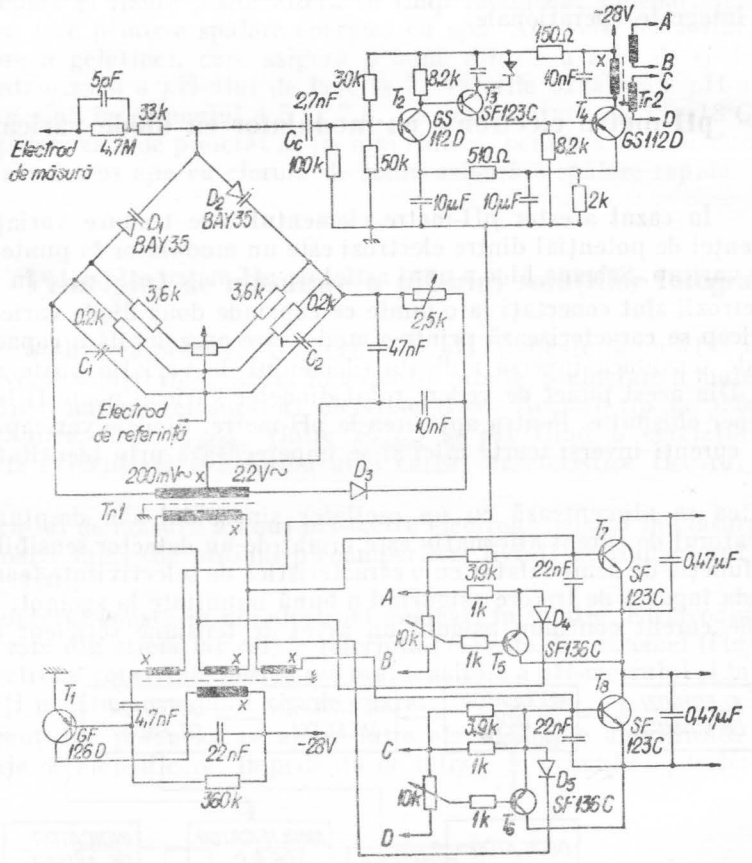


Fig. 192. Schema electrică a electrometrului cu diode varicap la *p*H-metrul MV-84.

metrului. De fapt performanţele unui *p*H-metru sînt în general date de acest prim etaj. Reacţia negativă dată prin montajul detector de fază, care face parte din amplificarea totală a schemei, reduce foarte mult influenţa instabilităţii nivelului de ieşire a oscilatorului. În schemă nu sînt figurate circuitele ce permit compensarea temperaturii soluţiilor cît şi convertoarele ce asigură un nivel de ieşire utilizabil la afişare pe un instrument indicator.

26.5 pH-metru electronic cu tranzistoare cu efect de cîmp

Simplificarea schemelor de amplificare a electrometrului propriu-zis se poate face utilizînd tranzistoare cu efect de cîmp (TEC) urmate de unul sau două etaje de amplificatoare operaţionale (fig. 193).

Tranzistoarele TEC, avînd rezistenţe de intrare foarte mari, introduse într-un montaj diferenţial simetric, se aleg prin sortare pentru o împerechere cît mai bună. Utilizarea etajului diferenţial de la intrare rezolvă problemele stabilităţii amplificatorului la variaţiile temperaturii mediului ambiant şi la variaţiile tensiunii de alimentare. Impedanţa de intrare a unui asemenea montaj este de $10^{12}-10^{13}\Omega$. Etajul diferenţial de la intrare este urmat de un amplificator operaţional integrat, de la ieşirea căruia se aplică o reacţie la intrare, amplificarea fiind reglabilă de la 1 la 100. Urmează un divizor de tensiune selectabil şi din nou un amplificator operaţional cu reacţie negativă puternică şi cu amplificare în jur de 100. La ieşirea acestuia se conectează un microampermetru a cărui scală poate fi etalonată în mV, pA sau μA şi unităţi directe de *p*H. Schema este prevăzută cu reglaje brute şi fine de zero cu compensarea variaţiilor tensiunii de alimentare. Etajul diferenţial de la intrare se poate realiza cu un tranzistor MOS-TEC dublu (de exemplu ROS 05), circuitele de protecţie de la intrarea tranzistoarelor TEC afectînd însă cu un ordin de mărime rezistenţa de intrare a amplificatorului.

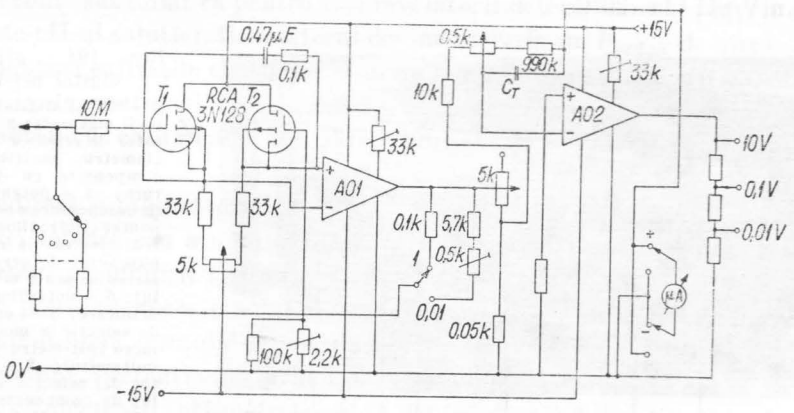


Fig. 193. Schema electrică a unui *p*H-metru cu tranzistoare TEC.

26.6 pH-metru cu afișare numerică

Perfecționarea *p*H-metrelor a adus schimbări nu numai în simplificarea electrometrului ci și a modului de afișare a indicațiilor de măsură. Pentru exemplificare, în acest sens se prezintă *p*H-metrul digital PH-100 produs de IAMC-Otopeni. Schema bloc a acestui aparat respectă în linii mari schema generală din fig. 190. Traductorul este constituit din doi electrozi care se conectează la etajul de intrare. În etajele de amplificare se realizează și corecțiile impuse de variația pantei electrozilor cît și corecțiile absolut obligatorii legate de potențialul de asimetrie a electrozilor. Rezistența de intrare este de ordinul $10^{12}\Omega$. Rezistențele interne ale electrozilor de măsură sînt de ordinul sutelor de megohmi.

Față de schema din fig. 190 acest *p*H-metru are un convertor analog-digital care furnizează la ieșire semnale TTL (4 V, 4,5 mA) în cod BCD. Aceste semnale decodificate servesc la comanda afișajului digital realizat cu tuburi NIXIE. În același timp ele sînt livrate printr-un conector cu 25 de contacte la ieșire putînd comanda un printer exterior pentru înregistrarea măsurătorilor. Comanda de tipărire se dă la un interval de 1 s.

Principalele caracteristici tehnice ale *p*H-metrului sînt:

— Domeniul de măsură de *p*H 0—14, indicația de *p*H fiind dată numeric cu două zecimale.

— Clasa de precizie a *p*H-ului măsurat; 0,1 din domeniu ± 1 digit.

— Aparatul permite compensarea manuală sau automată a variației pantei electrozilor cu temperatura în domeniul 0—100°C cu ajutorul termorezistenței Pt 100 din platină.

— Compensarea potențialului de asimetrie se face în domeniul —160 mV ... +160 mV.

— Aparatul poate lucra cu electrozi de *p*H care au punctul de zero cuprins între 2—7,34 unități *p*H.

— Panta electrozilor de *p*H folosiți trebuie să fie cuprinsă în domeniul 56—60 mV/*p*H la 20°C.

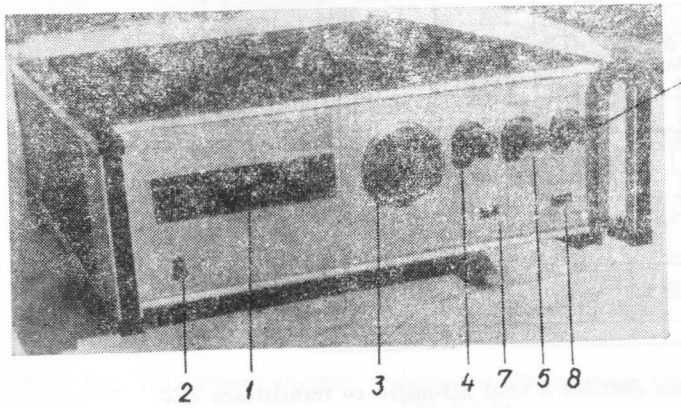


Fig. 194. *p*H-metrul digital *p*H-100:
1 — afișaj digital al valorii măsurate; *2* — comutator de rețea; *3* — potențiometru multitură de compensare cu temperatura; *4* — potențiometru de compensare a asimetriei pantei electrozilor; *5* — potențiometru de reglare a punctului de zero al *p*H-metrului sau a mV-metrului; *6* — potențiometru de calibrare; *7* — comutator de selecție a modului de lucru (*p*H-metru sau milivoltmetru); *8* — comutator de selecție a modului de compensare a pantei electrozilor (manual sau automat).

— Rezistența de intrare: valoare tipică $10^{12}\Omega$.

— Temperatura ambiantă +5°C ... +35°C.

*p*H-metrul poate fi utilizat și ca milivoltmetru digital, domeniul de măsură fiind cuprins între −1400 mV ... +1400 mV. Afișarea rezultatului se face cu patru cifre plus semnul. Tensiunea se măsoară cu o precizie de 0,1% din domeniu ±1 digit. Astfel se pot măsura tensiunile furnizate de electrozii de *p*H, tensiunile în cazul titrărilor potențiometrice cît și măsurători privind tensiunea de negativare a tuburilor, a tranzistoarelor etc. De asemenea aparatul permite prin măsurători succesive măsurarea pantei electrozilor cu care se lucrează.

Timpul de răspuns depinde de tipul electrodului și de domeniul în care se lucrează. În medii acide timpul de răspuns este mai mic decît în medii bazice. Ciclul de măsură al aparatului (0,1 s) este mult mai mic decît timpul de răspuns al electrozilor.

26.7 Utilizarea pH-metrelor în fotografie

În practică există o mare varietate de reactivi utilizați în fotografie. Datele furnizate în legătură cu *p*H-ul optim al soluțiilor ce cuprind diverși agenți revelatori sau fixatori sînt orientative, avînd în vedere că în general se utilizează combinații de mai multe substanțe. Date privind *p*H-ul unor soluții au început să însoțească în mod obligatoriu chiar revelatorii recomandați amatorilor (de exemplu revelatorii D 76 au *p*H=8,6, AGFA 12 au *p*H=8,9 etc.). În cazul în care nu se dispune de aceste date ele pot să rezulte din măsurători. Pentru aprecierea lor justă, ele trebuie însă corelate cu performanțele concrete ale soluțiilor respective în procesul de prelucrare.

Trebuie subliniat că pentru toți revelatorii determinant al puterii de revelare este *p*H-ul soluției. Revelatorul devine activ la un P_{redox} de circa −0,12V și-și menține calitățile cît timp *p*H-ul nu scade sub o valoare critică. Măsurînd *p*H-ul la începutul și la sfîrșitul fiecărui ciclu de revelare se pot stabili, corelîndu-l cu calitatea developării, limitele *p*H-ului în care soluția este activă.

Indirect o măsurătoare de *p*H poate arăta uzarea soluției în urma unei utilizări intense sau a unei oxidări în timp. Pe această bază se poate stabili cuantumul prelungirii timpului de revelare de la un film la altul, modul în care se poate regenera o soluție fotografică și efectul unor constituenți adăugați într-o nouă formulă de soluție revelatoare sau fixatoare.

Aparent pretențioase prin folosirea unui instrumentar mai sofisticat, în special electrozii, *p*H-metrele pot să devină deosebit de utile chiar la nivelul fotografului amator.

CAPITOLUL 27

ELEMENTE DE BAZĂ ALE FOTOGRAFIEI COLOR

Procesul de prelucrare a materialelor fotosensibile color, în special cel legat de pozitivul color, impune pentru reproductibilitatea cît mai fidelă a negativului, o apreciere şi o măsurare a componentelor de culoare ale imaginii ce urmează să fie copiată sau mărită.

În acest sens la nivelul laboratorului unui fotograf amator se pot concepe şi utiliza dispozitive de analiză a culorii, cu o manipulare nepretenţioasă, dar cu efecte deosebite privind rapiditatea şi eficienţa reproducerii imaginilor pe hîrtia fotografică.

Pentru a înţelege modul de operare a analizoarelor de culoare în cadrul diferitelor metode de lucru din fotografia color şi a diverselor auxiliare utilizate (filtre adiţionale, încorporate, dicroice) este necesar să fie prezentate noţiunile de bază privind fotografia color.

27.1 Descompunerea spectrală a luminii

Din radiaţiile electromagnetice ce caracterizează lumina, ochiul omenesc poate percepe numai un spectru foarte redus avînd lungimea de undă cuprinsă între 395 nm şi 740 nm. Acest spectru poate fi perceput sub formă de culori distincte, ce pot fi puse în evidenţă prin refracţia luminii într-o prismă de sticlă.

Se acceptă uzual şapte culori spectrale-violet, indigo, albastru, verde, galben, portocaliu şi roşu. Dispunerea culorilor în spectru şi corespondenţa lor cu lungimea de undă a fost dată în cap. II.2.j.

Sensibilitatea ochiului este diferită pentru radiaţiile monocromatice din spectru, fiind maximă pentru λ=555 nm. Radiaţiile ultraviolete şi infraroşii sînt invizibile.

27.2 Caracteristicile culorilor

Culorile sînt caracterizate prin nuanţă, intensitate şi saturaţie, aceste elemente avînd o corespondenţă fizică precisă.

— *Nuanţa* sau *tonul culorii* diferenţiază fin o culoare de alta şi este indicată de lungimea de undă ce creează o anumită senzaţie de culoare. Tabelul din cap. II.2.j indică principalele tonuri de culoare, ochiul omenesc putînd sesiza diferenţiat peste 160 de radiaţii monocromatice distincte. Trecerile de la o nuanţă la alta se face gradat, doar regiunile extreme ale spectrului prezentînd zone unitonale. Nuanţele culorilor pot rezulta şi ca urmare a unor amestecuri de culoare.

— *Intensitatea* sau *strălucirea culorii* este determinată de intensitatea luminii radiante sau reflectate respectiv de sensibilitatea spectrală a ochiului. Intensitatea va fi diferențiată de coeficientul de reflexie al diferitelor suprafețe respectiv de coeficientul de permeabilitate pentru mediile transparente. Acești coeficienți sînt și ei dependenți de lungimea de undă a radiațiilor ce caracterizează culoarea.

— *Saturația* sau *puritatea culorii* caracterizează raportul în care o culoare spectrală este amestecată cu culoarea albă. Culorile spectrale sînt saturate avînd puritatea de 1. Culorile obișnuite din mediul înconjurător sînt în schimb nesaturate avînd purități mai mici. Gradul de saturație al unei culori se stabilește prin diferența de ton ce există între tonul cromatic al unei culori și tonul acromatic (o nuanță de gri) de aceeași intensitate.

— *Temperatura de culoare* dată pentru materialele fotosensibile indică diferențierile peliculelor ce urmează să fie utilizate la lumina de zi sau la lumină artificială. Compoziția spectrală este diferită în aceste două situații.

27.3 Sinteza culorilor

Analog descompunerii luminii prin refracție, se poate concepe și sinteza luminii cu o lentilă convergentă sau cu discul lui Newton.

Culorile care compun aditiv lumina se numesc *culori fundamentale*. Aceste culori sînt *indigo* (λ=400—500 nm), *verde* (λ=500—600 nm) *roșu* (λ=600—700 nm) și corespund structurii tricromatice a retinei — a conurilor sensibile la cele trei culori fundamentale.

Lumina albă poate fi recompusă și prin suprapunerea a două *culori complementare*. Perechile de culori complementare ce se utilizează și în tehnica color sînt:

— indigo cu galben
— verde cu magenta (purpuriu)
— roșu cu cian (azuriu)

Lungimile de undă, ca domeniu, sînt pentru galben λ=500—700 nm, magenta λ=400—500 nm și 600—700 nm și azuriu λ=400—600 nm.

Redarea culorilor se face prin combinația culorilor fundamentale sau complementare prin două metode de sinteză-aditivă și substractivă. Pentru explicitarea combinării culorilor se va arăta modul de redare a culorilor pe filmul color și pe hîrtia fotografică în cazul celor două metode.

27.3.1 Metoda aditivă

Se consideră că obiectul ce urmează să fie fotografiat are pe lîngă alb-negru toate culorile spectrale (fig. 195).

Fotografiind obiectul cu trei filtre în culori fundamentale (R, V, I), se obțin trei negative parțiale în care pelicula este impresionată numai pentru zonele din spectru ce au trecut prin filtre. Astfel filtrul roșu oprește domeniul violet-verde, filtrul verde oprește domeniul violet indigo iar filtrul indigo

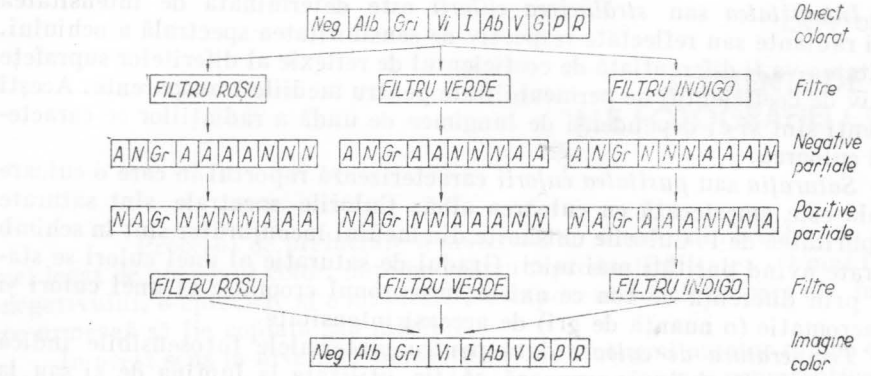


Fig. 195. Schema figurativă a metodei de sinteză aditivă a culorilor.

domeniul verde-portocaliu. Zonele de alb și cenușiu vor impresiona pelicula ca în tehnica alb-negru.

Dacă se copiază negativele în lumină albă se obțin pozitive parțiale în care tonurile densităților sînt inversate.

Proiectînd aceste pozitive o pe singură suprafață, prin intermediul a trei filtre selective tot pe culorile fundamentale, se obține imaginea colorată a obiectului. În această imagine culorile fundamentale se regăsesc întocmai iar culorile complementare galben, purpuriu și azuriu se obțin din combinațiile roșu-verde, roșu-indigo și verde-indigo.

Metoda aditivă se utilizează mai ales în tehnici de reproducere tipografică deoarece necesită utilaj pretențios.

27.3.2 Metoda substractivă

În această metodă sinteza culorilor se realizează substractiv adică prin absorbția cu ajutorul unor filtre selective a unor radiații din spectrul luminii albe.

Se consideră că trebuie reprodusă imaginea unui obiect ce cuprinde pe lîngă tonuri acromatice și întregul spectru color (fig. 196).

Fotografiind obiectul cu 3 filtre în culori fundamentale (R, V, I) se obțin trei negative parțiale, apoi prin inversarea tonurilor trei pozitive parțiale. Înseamnă că pînă în acest punct analiza culorilor este identică cu cea de la metoda aditivă.

Pozitivele parțiale sînt supuse unei operații de „virare" prin care Ag metalic este înlocuit la prelucrare cu un compus colorat în culorile complementare azuriu, purpuriu și galben.

Suprapunînd aceste trei pozitive parțiale monocromatice pe un același suport, prin combinația culorilor rezultă imaginea color a obiectului fotografiat. Albul rezultă din absența culorilor iar griul din compunerea cvasiegală a componentelor culorilor complementare.

Metoda substractivă este metoda utilizată practic în tehnica de fotografiere și reproducere color la nivelul amatorilor.

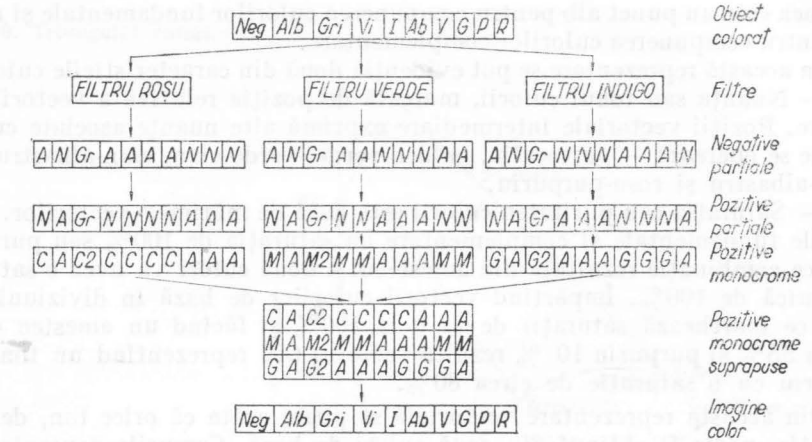


Fig. 196. Schema figurativă a metodei de sinteză substractivă a culorilor.

27.4 Reprezentarea culorilor

Pentru a reprezenta culorile cu caracteristicile de bază enunțate la punctul 2 al acestui capitol au fost concepute cîteva modele grafice sau spațiale dintre care uzual sînt folosite cercul culorilor și triunghiul culorilor.

27.4.1 Cercul culorilor

În acest sistem de reprezentare vectorială culorile fundamentale, R, V, I sînt considerate ca trei mărimi vectoriale avînd o origine comună și decalate cu 120° (fig. 197).

Culorile complementare galben, purpuriu (magentă) și azuriu (cian) rezultă vectorial din compunerea culorilor fundamentale R cu V, R cu I, I cu V,

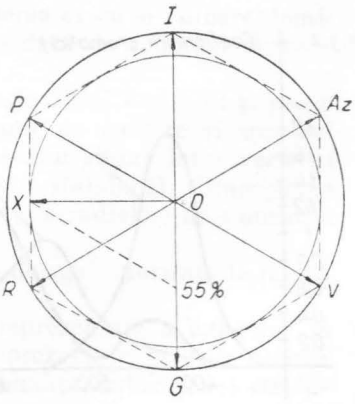


Fig. 197. Cercul culorilor.

Originea este un punct alb pentru compunerea culorilor fundamentale și negru-gri pentru compunerea culorilor complementare.

În această reprezentare se pot evidenția două din caracteristicile culorilor;

— Nuanța sau tonul culorii, marcată de poziția relativă a vectorilor de culoare. Poziții vectoriale intermediare exprimă alte nuanțe asociate cu care practic se operează — portocaliu, galben-verde, verde-cian, cian-albastru, purpuriu-albastru și roșu-purpuriu.

— Saturația sau puritatea culorii este dată de mărimea vectorilor. Dacă culorile fundamentale și complementare au saturația de 100% sau puritatea 1, orice combinație rezultată din amestecul a două culori va avea o saturație mai mică de 100%. Împărțind vectorii culorilor de bază în diviziuni zecimale ce marchează saturații de la 0 la 100% și făcînd un amestec dintre galben 55% și purpuriu 10 % rezultă vectorul OX reprezentînd un ton roșu-purpuriu cu o saturație de circa 80%.

Din această reprezentare vectorială se poate arăta că orice ton, de orice saturație, poate fi obținut din două culori de bază. Cercurile concentrice ce se pot trasa ca rezultat al combinației culorilor de bază reprezintă matematic locul geometric al nuanțelor de aceeași saturație.

Ca un corolar, rezultă că evidențierea oricărui punct din cercul culorilor se poate face din marcarea saturației și tonului culorilor formatoare, cu ajutorul a două cifre. Această formulare va fi folosită și la combinarea filtrelor fagure respectiv la stabilirea filtrelor corectoare în fotografia color substractivă.

27.4.2 Triunghiul culorilor

Pentru a reprezenta culorile complexe, rezultate din amestecul celor trei culori fundamentale R, V, I, Comisia Internațională a Iluminării a adoptat o diagramă tricromatică numită triunghiul culorilor. În această diagramă fiecărei culori din spectru îi vor corespunde 3 componente x, y, z (coeficienți de distribuție cromatică) în culori fundamentale. Diagrama de repartiție cromatică a componentelor culorilor fundamentale în sistemul colorimetric CII este dată în fig. 198.

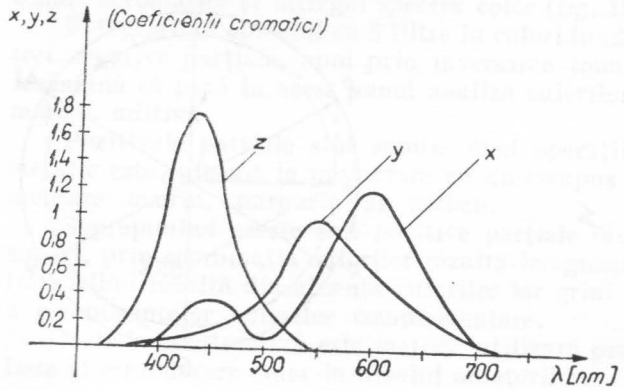
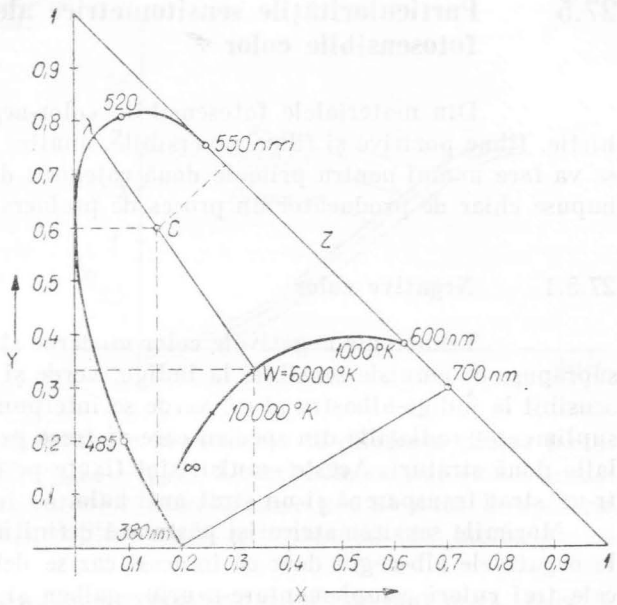


Fig. 198. Distribuția coeficienților cromatici din sistemul colorimetric CII.

Fig. 199. Triunghiul culorilor.



Maximele coeficienților cromatici sînt la λ=435,8 nm (z), la 546,1 nm (y) și 600 nm (x). Componenta roșie (x) mai prezintă un maxim în zona violet-albastru.

Triunghiul culorilor, cu care se operează de fapt practic, se realizează prin încadrarea cu axele X, Y, Z a curbei culorilor saturate și pe care regăsim întregul spectru color (fig. 199).

Punctul W este punctul luminii echienergetice, albe, pentru care coeficienții x, y, z sînt de aceeași valoare și egali cu 0,33. Coeficienții tricomatici ai unui punct C corespunzător unei culori nesaturate se determină trasînd perpendiculare pe cele trei axe. Legătura dintre acești coeficienți este dată de relația $x+y+z=1$.

Culoarea poate fi mai bine definită prin asocierea ei cu o culoare dominantă (saturată). Pentru punctul C saturația va fi dată de raportul segmentelor $Wc/W\lambda$.

Curba continuă ce trece prin centrul W definește albul veritabil și poate fi un indiciu asupra legăturilor dintre temperatura de culoare și spectrul color. De exemplu la T_c°=1 000°K albul veritabil este situat între verde și roșu. Punctul W corespunde la T_c°=6 000°K (albul standard). Cunoașterea acestei curbe permite stabilirea compoziției spectrale a radiației de o anumită temperatură de culoare.

În triunghiul culorilor se pot reprezenta curbe de egală puritate la fel ca la cercul culorilor.

Există de asemenea un sistem american de reprezentare a culorilor în care cele trei axe sînt dispuse spațial. Această reprezentare permite citirea directă a celor trei mărimi caracteristice culorilor-nuanța, saturația și strălucirea.

27.5 Particularitățile sensitometrice ale materialelor fotosensibile color

Din materialele fotosensibile color-negative color, pozitive color hîrtie, filme pozitive și filme reversibile, analiza unor caracteristici specifice se va face numai pentru primele două categorii de materiale, celelalte avînd impuse chiar de producător un proces de prelucrare bine determinat.

27.5.1 Negative color

Tehnologic negativele color moderne sînt realizate din trei straturi suprapuse de emulsie sensibile la indigo, verde și roșu. Între stratul superior sensibil la indigo-albastru și cel verde se interpune un filtru galben ce reține suplimentar radiațiile din spectru care ar trece prin acest strat afectînd celelalte două straturi. Aceste emulsii sînt fixate pe un suport și protejate printr-un strat transparent și un strat anti-halo.

Mărimile sensitometrice își păstrează definiția și aceleași caracteristici ca la negativele alb-negru doar că în acest caz se definesc și se trasează pentru cele trei culori complementare-azuriu, galben și purpuriu.

Un negativ se consideră balansat dacă curbele caracteristice, ce dau corespondența dintre densitățile optice D și logaritmul expunerii (log H) se suprapun. Aceste curbe se obțin utilizînd un densitometru color echipat cu trei filtre în culorile fundamentale și cu posibilitatea reglării densității optice. Curbele caracteristice se ridică cu surse de lumină cu temperatura de culoare acordată cu cea a tipului de materiale fotosensibile folosite. Din aceste curbe caracteristice se poate stabili factorul de contrast, sensibilitatea, și latitudinea de fotografiere.

Sensibilitatea negativelor color este diferită în funcție de expunere, fiind utilizate practic 2 tipuri de negative color. Unul e pentru expuneri la lumina zilei cu temperatura de culoare de circa 5 200°K—5 500°K. Celălalt tip este pentru lumină artificială deci cu o temperatură de culoare de 3 200—3 400°K.

În cazul utilizării unui film de exterior la lumină artificială sînt necesare filtre corectoare albastre iar la trecerea de la lumina fulger la lumina naturală sînt necesare filtre corectoare galbene. Există și emulsii color calibrate pentru o temperatură de culoare de 4 200°K utilizabile la lumină naturală și artificială, dominantele de culoare ce pot să apară putînd fi corectate la mărire.

Sensibilitatea negativelor color exprimată în °DIN, GOST, ASA se definește pe criterii asemănătoare cu cele prezentate la alb-negru (cap. 3.1.d) fiind de obicei mai mică cu 1—2 unități față de cele alb-negru.

Factorul de contrast, mărime practică cu care se operează în curbele caracteristice, are o valoare în jur de 0,7, ceea ce corespunde unei gradații normale. Pentru un echilibru cromatic bun se impune ca factorul de contrast să fie identic pentru cele trei curbe caracteristice (fig. 200).

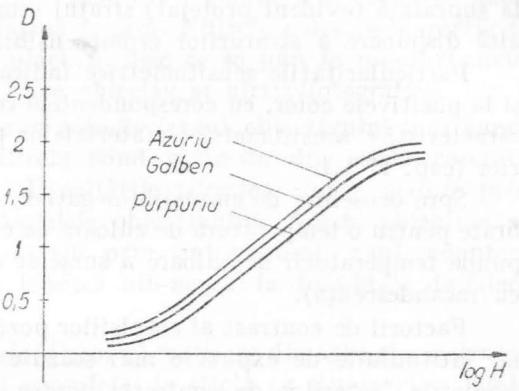


Fig. 200. Curbele caracteristice ale unui material color negativ balansat.

Echilibrul cromatic K se defineşte în acest caz ca diferenţa dintre factorii de contrast extremi; $K=\gamma_{max}-\gamma_{min}$. Deosebirile ce pot exista totuşi între factorii de contrast ai curbelor caracteristice pot să ducă la apariţia unei dominante de culoare complementară sub punctul de intersecţie a curbelor caracteristice.

Latitudinea de expunere a filmelor negative color este mai mică, ceea ce impune o expunere riguroasă şi prin urmare măsurători precise privind iluminarea.

Abaterile de la reciprocitate (la iluminări extreme) sînt mai mari în cazul negativelor color, utilizarea lor fiind indicată cu precădere la lumina indicată pe prospect şi la valori normale de iluminare.

Capacitatea de rezoluţie a filmelor color este mai redusă decît la negativele alb-negru fiind în jur de 100 pentru galben, 60 pentru purpuriu şi 30 pentru cian, aceste valori fiind depăşite pentru peliculele profesionale.

În vederea corectei redări a culorilor emulsiile negative perfecţionate sînt însoţite de „măşti de corecţie" ce formează o imagine „parazită" care este inversă imaginii parazite rezultate din diferenţele de sensibilitate ale celor trei straturi de bază. În acest fel din suprapunerea imaginii real parazite şi cea a formatorilor de culoare a măştii, imaginea este mai bine balansată iar voalul uniform gri rezultat poate fi mai uşor corectat la copiere. O bună parte din negativele color utilizate în prezent au încorporate cuplanţi coloranţi „mascaţi".

27.5.2 Pozitive color

Hîrtia fotografică color este realizată tot pe principiul suprapunerii straturilor fotosensibile. Aşezarea straturilor fotosensibile este inversă ca la negative şi începe cu stratul sensibil la indigo apoi cel sensibil la verde iar

la suprafață (evident protejat) stratul sensibil la roșu (sînt hîrtii color și cu altă dispunere a straturilor cromosensibile).

Particularitățile sensitometrice indicate la negativele color sînt valabile și la pozitivele color, cu corespondențele ce sînt subînțelese în lumina datelor caracteristice sensitometriei materialelor pozitive alb-negru prezentate anterior (cap. 17.1.).

Spre deosebire de emulsiile negative, emulsiile pozitive color sînt echilibrate pentru o temperatură de culoare de circa 3 000—3 300°K, ceea ce corespunde temperaturii de culoare a surselor de lumină artificială (becuri opale cu incandescență).

Factorii de contrast ai emulsiilor pozitive color sînt mai mari (1,8—2,2) iar latitudinile de expunere mai scăzute față de cea a emulsiilor negative. Abaterile factorilor de contrast, pentru a nu produce debalansări greu de corectat, este bine să fie în limitele de 0,2—0,3 (de exemplu $\gamma_{magentă}=1{,}9$; $\gamma_{galben}=2$; $\gamma_{cian}=2{,}1$).

Hîrtiile fotografice color sînt însoțite, pe lîngă indicativele uzuale legate de tipul hîrtiei, de filtrajul de bază (numărul fundamental) pentru balansarea culorilor și care poate constitui un punct de plecare în stabilirea filtrelor corectoare.

Procedeul de „mascare" folosit la emulsiile negative color moderne nu poate fi aplicat și la pozitivele color deoarece voalul gri rezultat nu mai poate fi compensat.

27.6 Aparate de mărit pentru fotografia color

Elementele prezentate anterior, în legătură cu caracteristicile culorilor, sinteza culorilor și particularitățile sensitometrice ale materialelor fotosensibile color au indicat complexitatea problemelor pe care le ridică realizarea unor imagini color cît mai obiective, cît mai neutre. Dificultatea cea mai mare revine procesului pozitiv, de copiere sau de mărire, în care cu ajutorul unui instrumentar adecvat, trebuie corectate toate debalansările negativului, corelate și cu cele încă necunoscute ale hîrtiei fotografice.

Aparatele de mărit rămîn aceleași ca la tehnica alb-negru, dar apar în plus facilități tehnice adecvate rezolvării problemelor specifice pozitivului color. Ele se referă la realizarea, amplasarea filtrelor corectoare și a modului de operare.

Din punct de vedere al realizării și amplasării filtrelor color există trei tipuri uzuale de aparate de mărit color:

— *Aparate cu filtre adiționale*, în seturi de culori — galben, magenta și cian și cu densități diferențiate pe numere de la 5 la 100. Aceste filtre se dispun într-un sertar de filtre, interpus de obicei între sursa de lumină și

condensor. Filtrele se realizează din gelatină colorată depusă între două plăci de sticlă sau din folii de gelatină tanată. Filtrele color de corecţie se realizează sub formă de plăci sau plachete disc ce se pun în monturi circulare etajate şi care pot fi amplasate între obiectiv şi hîrtia fotografică.

— *Aparate cu filtre încorporate în obiectiv* (cazul obiectivului mai cunoscut la noi JANPOL-COLOR), filtrele fiind realizate din sticlă colorată în cele trei culori complementare. Densităţile filtrelor sînt variabile prin introducerea lor progresivă între lentilele obiectivului. Aceste obiective se ataşează corpului aparatului de mărit prin intermediul unui adaptor. Obiectivul poate fi utilizat şi în tehnica alb-negru la formatele de filme corespunzătoare.

— *Aparate cu filtre interferenţiale* (dicroice) realizate din oglinzi semitransparente. Aceste oglinzi sînt de fapt suprafeţe de sticlă cu depuneri pe feţele frontale a unor straturi transparente care asigură reflexia razelor şi producerea unor fenomene de interferenţă, cu efect selectiv de amplificare sau atenuare pentru lungimi de undă monocrome. Acest sistem de oglinzi se dispune între sursa de lumină (de obicei un bec halogen ce funcţionează la o tensiune joasă) şi o oglindă de reflexie care orientează lumina printr-un difuzor translucid la obiectiv. Pentru o mai mare eficacitate a sursei de lumină şi pentru producerea unui fascicul îngust becul halogen se poziţionează într-o oglindă parabolică de focalizare.

Filtrele dicroice asigură 16—25 de raze monocrome cu densităţi variabile pe scările adoptate în sistemele KODAK. Introducerea filtrelor interferenţiale se face progresiv printr-o reglare controlată şi marcată din exterior.

Cele mai cunoscute aparate de mărit de acest tip sînt cele din seria DURST care livrează serii accesibile amatorilor.

De menţionat că indiferent de tipul aparatului de mărit folosit în reproducerile color, eficacitatea şi rapiditatea metodelor folosite depinde de analiza fidelă a culorilor de pe negativ.

CAPITOLUL 28

ANALIZOARE DE CULOARE

Obţinerea pozitivului color, indiferent de metoda de sinteză, substractivă sau aditivă, necesită stabilirea precisă a parametrilor ce determină o expunere corectă. Dacă la alb-negru erau în joc diafragma, timpul de expu-

nere și sensibilitatea hîrtiei fotografice, în procesul de prelucrare color mai intervine un element legat de corecția de culoare. Corecția de culoare asigură o bună balansare sau echilibrare a culorilor astfel ca imaginea obținută pe hîrtie să fie cît mai veridică.

Instrumentele practice de stabilire a compoziției de culoare sînt denumite analizoare de culoare iar rezultatul măsurătorilor directe sau indirecte se traduce în valorile densității filtrelor corectoare și a timpilor de expunere.

Pentru înțelegerea utilizării funcționale a analizoarelor se prezintă elementele practice ce intervin în cîteva proceduri de bază din cele două metode de sinteză a culorilor.

28.1 Procedeul substractiv de mărire cu set de filtre corectoare adiționale

În acest procedeu corecția de culoare, denumită și acordarea sau balansarea culorilor se face cu un set de filtre corectoare montate după necesități în rama port-filtre a aparatului de mărit. Setul uzual de filtre color ORWO sau AGFA conține cîte 11 filtre de densități crescătoare pentru fiecare din cele trei culori complementare (tabelul 12).

Tabelul 12

Densitățile setului de filtre corectoare ORWO

Nr.	Galben	Purpuriu	Azuriu
1	05 00 00	00 05 00	00 00 05
2	10 00 00	00 10 00	00 00 10
3	20 00 00	00 20 00	00 00 20
4	30 00 00	00 30 00	00 00 30
5	40 00 00	00 40 00	00 00 40
6	50 00 00	00 50 00	00 00 50
7	60 00 00	00 60 00	00 00 60
8	70 00 00	00 70 00	00 00 70
9	80 00 00	00 80 00	00 00 80
10	90 00 00	00 90 00	00 00 90
11	99 00 00	00 99 00	00 00 99

De menţionat că valorile de 99 (100) sînt densităţi relative de culoare, înţelese în sensul că suprapunerea celor trei filtre de densităţi 99 acţionează ca un filtru gri-neutru asupra hîrtiei color.

Combinînd, prin suprapunere, filtre de diferite densităţi, se obţin culori de diferite nuanţe şi intensităţi. Aceste combinaţii, ce asigură practic un filtraj de o anumită culoare, se notează în ordinea galben, purpuriu şi azuriu, cu densităţile procentuale ale filtrelor individuale utilizate. De exemplu 30 50 00 sau 30 50 — semnifică un filtru galben cu densitatea de 30 şi unul purpuriu cu densitatea de 50.

Folosirea simultană a trei filtre de culori diferite echivalează pe lîngă culoarea dorită şi cu un filtraj gri-neutru ce prelungeşte practic timpul de expunere. De exemplu filtrarea 50 30 20 este echivalentă cu filtrarea 30 10 00.

Există şi seturi AGFA cu numai 24 de filtre, densităţile mari putînd fi compuse din suprapunerea a 2 sau 3 filtre de aceaşi culoare. Dimensiunile uzuale ale seturilor de filtre sînt 6×6 cm, $7{,}5\times7{,}5$ cm, 9×9 cm şi 13×13 cm şi corespund mărimii casetelor de filtre de la aparatele de mărit.

Poziţionarea filtrelor, relativ la sursa de lumină, condensor şi filmul negativ color, este de asemenea determinată de tipul aparatului. Pentru a nu introduce distorsiuni suplimentare poziţia lor trebuie să fie perpendiculară pe axul optic al aparatului.

Corecţia de culoare este practic indispensabilă deoarece curbele caracteristice ale negativului nu sînt perfect suprapuse (cap. 27, fig. 200) iar procesul de prelucrare a negativului introduce şi el debalansări de culoare. La aceasta se adaugă situaţia foarte frecventă cînd însăşi hîrtia color prezintă debalansări (fig. 201).

Considerînd un negativ perfect, dacă se copiază acest negativ pe hîrtie se obţine un pozitiv cu o tentă sau dominantă de culoare verzuie datorită sensibilităţii mai ridicate a hîrtiei pentru domeniul galben şi azuriu. Corecţia de culoare impune utilizarea unor filtre corectoare care să elimine această dominantă verzuie prin deplasarea artificială a caracteristicilor galben şi azuriu spre purpuriu pînă la suprapunere.

Determinarea dominantei reprezintă problema cheie a tuturor procedeelor substractice şi aditive. Dominanta se stabileşte în cazul procedeelor substractive în condiţiile unui timp de expunere corect stabilit, realizat prin probe de eşantioane cu timpi crescători corespunzător diafragmei de lucru

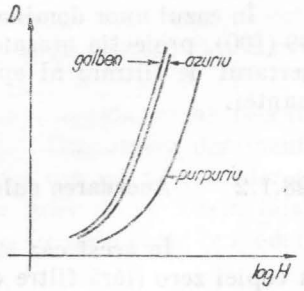


Fig. 201. Curbele caracteristice ale unui material pozitiv color debalansat.

și formatului de hîrtie ales. Expunerea se poate face făcînd o copie fără filtre sau folosind numărul de bază înscris pe pachetul de hîrtie color.

Eliminarea dominantei se poate realiza interpunînd filtrele corespunzătoare în fața fasciculului luminos cu care se expune hîrtia color. Corecțiile de bază în cazul diferitelor dominante intense de culoare sînt date în tabelul 13.

Tabelul 13

Filtrajul de corecție al dominantelor de culoare

Dominanta	Filtrajul de corecție
Galben	filtru galben
Purpuriu	filtru purpuriu
Azuriu	filtru azuriu
Roșu	filtru galben + filtru purpuriu
Verde	filtru galben + filtru azuriu
Indigo	filtru purpuriu + filtru azuriu

Determinarea densității filtrelor corectoare se poate face practic prin încercări succesive sau prin comparație cu tabele de tente colorate.

28.1.1 Acordarea culorilor cu filtre mozaic

În acest caz stabilirea dominantei se face prin comparație cu un set de trei tabele mozaic ce pot însoți setul de filtre de corecție. Fiecare tabel este alcătuit din 25 de combinații de cîte 2 filtre: galben-purpuriu, galben-auzuriu și purpuriu-azuriu (fig. 202).

Executînd o copie prin mărire cu filtrul mozaic aplicat direct pe hîrtia fotografică, prin comparație se poate stabili setul de 2 filtre ce urmează să fie folosite la corecție și densitatea lor. Densitatea filtrelor este aproximativă deoarece tabelele de filtre mozaic nu cuprind toate combinațiile posibile. Aprecierile sînt îngreunate de fenomenul de contrast simultan la imagini alăturate, de neuniformitatea distribuției culorilor și de amplasarea aleatoare a subiectului principal față de zona luată ca etalon.

În cazul unor dominante foarte intense ce nu pot fi corectate cu un filtru 99 (100), proiecția mozaicului împreună cu filmul se face după montarea în sertarul de filtrare al aparatului de mărit a filtrului 99 de culoarea dominantei.

28.1.2 Acordarea culorilor cu filtre fagure

În acest caz stabilirea dominantei se face prin comparația directă a copiei zero (fără filtre corectoare) cu un set de imagini dispuse sub forma

1,0 00 00 00	1,1 25 00 00	1,3 50 00 00	1,4 75 00 00	1,6 99 00 00
1,3 00 25 00	1,4 25 25 00	1,6 50 25 00	1,8 75 25 00	2,1 99 25 00
1,6 00 50 00	1,8 25 50 00	2,1 50 50 00	2,3 75 50 00	2,6 99 50 00
2,1 00 75 00	2,3 25 75 00	2,6 50 75 00	2,9 75 75 00	3,3 99 75 00
2,6 00 99 00	2,9 25 99 00	3,3 50 99 00	3,7 75 99 00	4,2 99 99 00

Galben - Purpuriu

1,0 00 00 00	1,3 00 00 25	1,6 00 00 50	2,1 00 00 75	2,6 00 00 99
1,1 25 00 00	1,4 25 00 25	1,8 25 00 50	2,3 25 00 75	2,9 25 00 99
1,3 50 00 00	1,6 50 00 25	2,1 50 00 50	2,6 50 00 75	3,3 50 00 99
1,4 75 00 00	1,8 75 00 25	2,3 75 00 50	2,9 75 00 75	3,7 75 00 99
1,6 99 00 00	2,1 99 00 25	2,6 99 00 50	3,3 99 00 75	4,2 99 00 99

Galben - Azuriu

1,0 00 00 00	1,3 00 25 00	1,6 00 50 00	2,1 00 75 00	2,6 00 99 00
1,3 00 00 25	1,6 00 25 25	2,1 00 50 25	2,6 00 75 25	3,3 00 99 25
1,6 00 00 50	2,1 00 25 50	2,6 00 50 50	3,3 00 75 50	4,2 00 99 50
2,1 00 00 75	2,6 00 25 75	3,3 00 50 75	4,2 00 75 75	5,3 00 99 75
2,5 00 00 99	3,3 00 25 99	4,2 00 50 99	5,3 00 75 99	6,7 00 99 99

Purpuriu - Azuriu

Fig. 202. Setul de filtre mozaic.

unui fagure. Filtrul fagure se realizează prin expunerea unui negativ color lipsit de dominante prin filtrele corectoare indicate în fiecare celulă a fagurelui (fig. 203).

Punctul central al fitrului fagure corespunde unei imagini ce nu necesită filtre corectoare sau este bine determinată ca filtraj. Dispunerea dominantelor și intensitatea lor corespund compunerii culorilor din cercul culorilor (v. fig. 197, cap. 27). Fagurele realizat din imaginile color de pe hîrtia tăiată sub formă hexagonală, poate fi mărit cu alte combinații nefigurate în modelul din fig. 203.

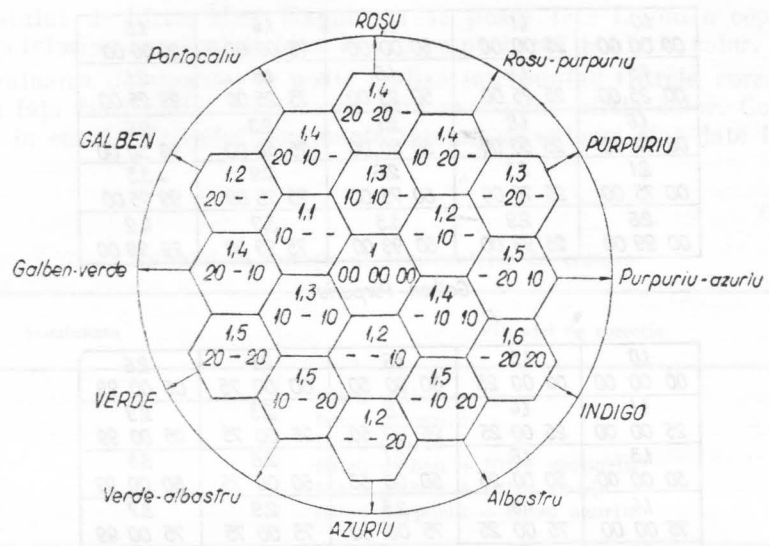


Fig. 203. Filtrul fagure cu două trepte.

28.1.3 Modificarea timpilor de expunere la acordarea culorilor prin filtre corectoare adiționale

Timpul de expunere a copiei zero, în care s-a stabilit nuanța și intensitatea dominantei, se modifică prin introducerea filtrelor corectoare datorită densității propriu-zise a filtrelor cît și a trecerilor succesive ale fasciculului luminos prin mai multe suprafețe de sticlă suprapuse.

Metoda cea mai simplă de determinare a timpului de expunere este o măsurare exponometrică folosind pentru aceasta un luxmetru sau chiar exponometrul (cap. 5.1.3.) gradat în unități de iluminare. Prin măsurători exponometrice se pot determina nu numai timpi de expunere inițiali (oarecum orientativi) cît și modificările ce intervin la introducerea filtrelor corectoare. Rezultatele sînt concludente dacă măsurătorile se fac integral prin utilizarea unor lentile difuzoare montate după obiectiv.

Modificarea timpilor de expunere se poate stabili și prin calcul luînd în considerație următoarele elemente:

— Timpul de expunere la filtrele purpuriu și azuriu se mărește cu cîte 10% la fiecare creștere a densității filtrelor cu cîte 10%.

— Timpul de expunere la filtrele galbene nu se modifică pentru densități pînă la 20%, se modifică cu cîte 5% pentru fiecare creștere cu 10% a densității pînă la 50% și se mărește cu cîte 10% la fiecare creștere a densității filtrelor cu cîte 10% pentru valori superioare densității de 50%.

— Timpul de expunere se mărește cu 20% pentru fiecare pereche de filtre adiacente.

În tabelele din setul de filtre mozaic şi fagure de la pct. 28.1.1 şi 28.1.2 ale acestui capitol sub fiecare filtraj este trecut un coeficient global de prelungire a timpului de expunere, ceea ce ajută la calculul rapid al modificării timpului de expunere.

28.2 Procedeul substractiv de mărire cu filtre corectoare încorporate în obiectiv

În acest procedeu acordarea culorilor se face cu un set de filtre încorporate în obiectivul aparatului de mărit. În cazul obiectivului JANPOL-COLOR cu indicele relativ de deschidere a diafragmei $N=5{,}6$, distanţă focală $f=80$ mm, cele patru filtre de corecţie sînt grupate în două cadre. În fiecare cadru sînt cîte două filtre, galben + purpuriu şi galben + azuriu, separate printr-o placă incoloră. Cadrele se introduc mai mult sau mai puţin în cîmpul obiectivului cu ajutorul butoanelor notate cu P (purpuriu) şi Az (azuriu). Pe fiecare din butoane se află gradaţii de la 0 la 140 (purpuriu şi azuriu) respectiv de la 0 la 240 (galben). Aceste gradaţii de densitate sînt în conformitate cu gradaţiile procentuale de densitate acceptate obişnuit pentru filtrele de corecţie din metoda substractivă. Modificarea valorii densităţilor filtrelor se face continuu (fig. 204).

Filtrele realizate din plăci de sticlă optică colorată au avantajul păstrării culorii sub influenţa iluminării.

Obiectivul JANPOL-COLOR se ataşează la aparatele de mărit KROKUS şi KROKUS-COLOR printr-un inel reductor livrabil împreună cu obiectivul. Obiectivului i se ataşează o piesă specială din plexiglas numită luminator, cu funcţia de a dirija în timpul probelor o parte din fluxul de lumină ce trece prin obiectiv spre butoanele de reglare a densităţii P şi Az. Aceasta permite reglarea densităţii în condiţii de întuneric. În timpul expunerii efective acest conductor optic, rabatabil se scoate din cîmpul de iluminare a obiectivului.

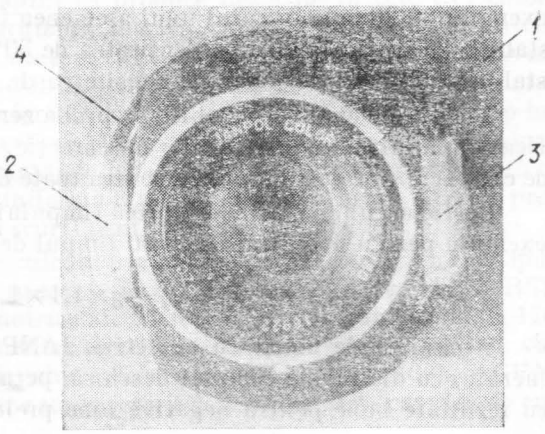


Fig. 204. Obiectivul JANPOL-COLOR:
1 — inel de diafragmare; *2* — butonul de reglare P al filtrelor purpuriu şi galben cu indicarea densităţii filtrelor; *3* — butonul de reglare B al filtrelor azuriu şi galben cu indicarea densităţii filtrelor; *4* — inel reductor pentru ataşarea obiectivului la aparatele de mărit.

Obiectivul lucrînd cu diafragma deschisă asigură o iluminare uniformă a întregului format cu condiția centrării sursei de lumină. Aparatele de mărit echipate cu acest obiectiv permit măriri color și alb-negru de formate cu dimensiuni de 60×60 mm. Repetabilitatea expunerilor corecte se asigură prin stabilizarea alimentării în c.a. a aparatului de mărit.

Problemele care se ridică la acordarea culorilor sînt aceleași ca la orice procedeu substractiv. Efectuînd proba zero fără filtre de corecție, din analiza probelor efectuate cu un timp de expunere bine determinat, se stabilește dominanta ce trebuie corectată. Valorile concrete ale densităților se stabilesc prin comparație cu filtrul fagure executat în modul prezentat la pct. 28.1.2. al acestui capitol, de data aceasta copiile fiind executate chiar cu obiectivul JANPOL și cu indicatorii de densitate de pe butoanele de reglaj *P* și *Az*. Corecțiile de bază ale dominantelor de culoare sînt date în tab. 14.

Tabelul 14

Filtrajele de corecție ale dominantelor de culoare

Nuanța dominantă	Eliminarea dominantei prin creșterea densității filtrelor de corecție	Eliminarea dominantei prin scăderea densității filtrelor de corecție
galben	galben	purpuriu + azuriu
purpuriu	purpuriu	galben + azuriu
azuriu	azuriu	galben + purpuriu
roșu	galben + purpuriu	azuriu
verde	galben + azuriu	purpuriu
indigo	purpuriu + azuriu	galben

Se observă din acest tabel că filtrajele de corecție se pot realiza atît prin creșterea cît și prin scăderea densității filtrelor. Densitățile procentuale ale filtrelor trebuie să fie cu atît mai mari cu cît dominanta este mai intensă. Notațiile filtrajului sînt cele obișnuite cu 3 numere din corecțiile substractive (de exemp u 30 20 00). În cazul unui asemenea filtraj butonul de reglare *Az* va fi stabilit cu filtrul galben pe densitatea de 30% iar butonul de reglare *P* va fi stabilit cu filtrul purpuriu pe densitatea de 20%.

Timpul de expunere stabilit la proba zero (fără filtre) trebuie să fie modificat după introducerea filtrelor de corecție. Coeficienții de mărire a timpilor de expunere sînt dați în tab. 15 pentru toate densitățile filtrelor utilizate.

Coeficientul de mărire se aplică timpului de expunere de la proba zero. De exemplu pentru un filtraj 60 40 00 timpul de expunere corect va fi:

$$t_f = t_0 \times 1{,}1 \times 1{,}5.$$

Aparatele de mărit cu obiective JANPOL-COLOR, cu tot dezavantajul lucrului cu diafragma complet deschisă, permit o manipulare foarte comodă și cu rezultate bune pentru negative bine prelucrate.

Tabelul 15

Modificarea timpilor de expunere la acordarea culorilor cu filtre încorporate în obiectivul JANPOL-COLOR

Filtru Galben		Filtru Purpuriu		Filtru Azuriu	
Densitatea	Coeficient de creştere	Densitatea	Coeficient de creştere	Densitatea	Coeficient de creştere
10 – 20	1,0	10	1,1	10	1,0
30 – 70	1,1	20	1,2	20	1,1
80 – 110	1,2	30	1,3	30	1,1
120 – 150	1,3	40	1,5	40	1,2
160 – 190	1,4	50	1,6	50	1,3
200 – 220	1,5	60	1,8	60	1,3
230 – 240	1,6	70	1,9	70	1,4
		80	2,1	80	1,5
		90	2,4	90	1,5
		100	2,6	100	1,6
		110	2,9	110	1,7
		120	3,1	120	1,8
		130	3,4	130	1,9
		140	3,8	140	1,9

28.3 Procedeul substractiv de mărire cu cap de culoare cu filtre interferenţiale

Acest procedeu este specific aparatelor de mărit echipate cu un dispozitiv special numit cap de culoare. Capul de culoare cuprinde de fapt filtrele interferenţiale a căror poziţie poate fi modificată continuu din exterior cu ajutorul unor butoane de reglaj pentru cele trei culori complementare galben (yelow-*Y*), purpuriu (magenta-*M*) şi azuriu (cyan-*C*). Sursa de lumină este o lampă halogenă focalizată urmată de un element difuzor.

Capul de culoare pe lîngă faptul că produce fascicule în cele trei culori complementare le şi amestecă, furnizînd lumina colorată necesară pentru corecţie. În capul de culoare sînt montate şi filtre speciale de infraroşu şi ultraviolet. Capul de culoare oferă prin posibilităţile spectrale cea mai elegantă şi mai exactă soluţie pentru acordarea culorilor. Filtrele dicroice îşi păstrează timp îndelungat aceaşi intensitate a culorilor. Sursa de lumină cu care, este iluminat capul de culoare asigură toate avantajele legate de atenuarea micilor imperfecţiuni de pe negativ, o iluminare uniformă fără scăderea iluminării laterale precum şi timpi de expunere relativi scurţi pentru filtrări şi măriri liniare mari.

Aparatele de mărit cu cap de culoare din seria DURST, indiferent de tipul lor, prezintă scări densitometrice procentuale pînă la 130. La aparatele DURST de tip *M* gama valorilor densitometrice ale filtrelor poate fi mărită pînă la 170 prin instalarea unui filtru suplimentar pentru galben şi purpuriu. Această valoare dansitometrică corespunde valorii 255-C la KODAK şi 340 la AGFA. Introducerea filtrului suplimentar este necesară deoarece scările capului de cu-

loare la valori densitometrice mai mari de 130 nu mai pot fi calibrate exact, ceea ce nu permite reproductibilitatea corecţiilor în acest domeniu.

Capul de culoare prin poziţionarea filtrelor dicroice pe zero poate fi utilizat şi pentru măririle obişnuite în alb-negru.

Alegerea valorilor densitometrice ale filtrelor galben, purpuriu şi azuriu se poate face pe baza aceloraşi consideraţii ca la procedeele clasice substractive de corecţie a culorilor prezentate la pct. 28.1.1 şi 28.1.2. Aparatele din această serie au fost însă concepute şi cu dispozitive auxiliare de analiză a culorii. Aceste dispozitive permit stabilirea exactă a filtrajului pentru negative normale în general lipsite de dominante. În plus prin măsurători exponometrice aceleaşi analizoare servesc la stabilirea timpului de expunere.

Pentru exemplificare se prezintă principalele caracteristici ale aparatului de mărit color DURST M605 COLOR conceput pentru sinteză substractivă a culorilor.

— Formatele filmelor ce pot fi copiate sînt de la 18×24 mm la 60×60 mm. Diferitele formate de film, ca poziţionare, se stabilesc prin monturi speciale în rama port clişeu.

Sursa de lumină pentru color şi alb negru este o lampă halogen 12V/100 W.

— Capul de culoare CLS 605 are 130 de scări densitometrice pentru azuriu şi 170 pentru galben şi purpuriu (cu filtru suplimentar).

— Obiectivele normale f=35 mm, f=50 mm, f=60 mm, f=80 mm sînt adecvate formatelor de film 18×24 mm, 24×36 mm, 40×40 mm, 60×60 mm.

— Aparatul este conceput şi pentru reproduceri, situaţie în care rama port-clişeu se înlocuieşte cu o casetă specială pentru reproducere.

— Aparatul permite ataşarea analizorului de culoare COLORNEG-III montat sub obiectivul aparatului de mărit.

— Permite rabatarea corpului aparatului de mărit cu 45° şi controlul exact al acestor înclinări pentru eliminarea distorsiunilor de poziţionare.

— Aparatul lucrează cu valorile densitometrice date de analizorul de culoare CNA-200.

28.4 Procedee aditive de mărire cu filtre color

Elementele de bază ale sintezei aditive au fost prezentate şi explicate pe baza unei scheme figurative dată în cap. 27.3.2. Proceedeele practice, dezvoltate în special la reproducerile tipografice cu caracter profesional, sînt aplicabile cu unele dificultăţi şi pentru amatori. O schemă optică simplă de copiere aditivă este dată în fig. 205.

Sursa de lumină la care se ataşează un sistem de oglinzi laterale produc trei fascicule luminoase. În calea fiecărui fascicul se interpun filtre pe culori fundamentale — roşu, verde şi indigo. Variaţia fluxului luminos se face prin intermediul unor diafragme. Prin combinaţia acestor fascicule colorate diafragmate se obţine lumina color de copiere. Lumina colorată este transmisă filmului printr-un condensor şi un geam opal ce uniformizează fluxul luminos şi creează o lumină difuză favorabilă copierii.

Filtrele trebuie să aibă domeniul de transmisie cît mai apropiat de valorile 400—500 nm (indigo), 500—600 nm (verde) şi 600—700 nm (roşu). Un exemplu

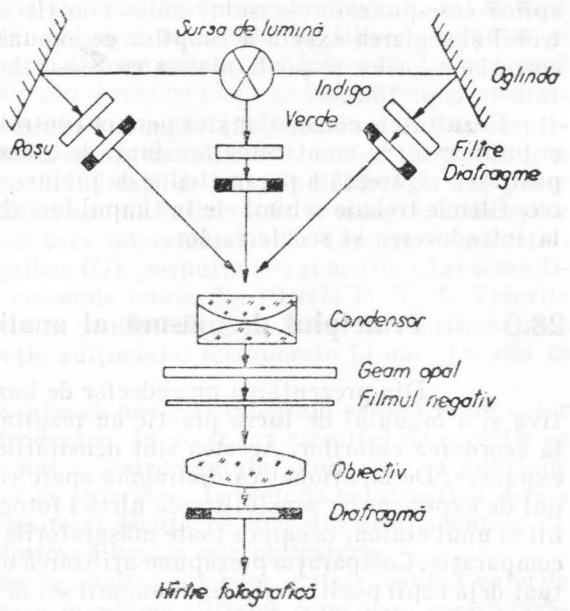


Fig. 205. Schema optică a unui aparat de mărit color în sinteză aditivă.

în acest sens îl constituie filtrele AGFA nr. 45 (roșu), nr. 144 (verde) și nr. 640K (indigo).

Deoarece schema optică dată în fig. 205 este mai dificilă de realizat practic, pentru o copiere color în sinteză aditivă se poate utiliza și un aparat de mărit obișnuit. În acest caz expunerea hîrtiei are loc în trei etape corespunzătoare expunerilor succesive prin cele trei filtre pe culorile fundamentale. Corecția de culoare se realizează prin modificarea timpilor de expunere. Modificările ce trebuie aduse timpilor de expunere în cazul diferitelor dominante de culoare sînt date în tab. 16.

Tabelul 16

Sensul modificării timpilor de expunere la acordarea culorilor în sinteza aditivă

Filtrul de bază	Culoarea dominantei ce trebuie corectată					
Roșu	Galben	Purpuriu	Azuriu	Roșu	Verde	Indigo
Roșu	↑	↑	↓	↑	↓	↓
Verde	↑	↓	↑	↓	↑	↓
Indigo	↓	↑	↑	↓	↓	↑

Săgețile în sus și în jos indică creșterea sau scăderea impusă timpului de expunere la introducerea unuia din filtrele color. Mărimea corecției depinde de intensitatea dominantei și poate varia între 5% și 100%. Corecția de timp se

aplică corespunzător sensului indicat la fiecare expunere intermediară. Controlul și reglarea exactă a timpilor de expunere și a modificărilor impuse de corecția culorilor se poate realiza cu ceasurile electronice de expunere prezentate în cap. 18.3.

Rezultatele corecțiilor sînt perfect controlabile la negativele corect expuse și prelucrate, la menținerea tensiunii de alimentare a surselor de lumină și la păstrarea riguroasă a parametrilor de prelucrare chimică a hîrtiei color. Deoarece filtrele trebuie schimbate în timpul lucrului, se impune o atenție deosebită la introducerea și scoaterea lor.

28.5 Principiul de măsură al analizoarelor de culoare

Din prezentarea procedeelor de bază de sinteză substractivă și aditivă și a modului de lucru practic au rezultat elementele ce trebuie stabilite la acordarea culorilor. Acestea sînt densitățile filtrelor corectoare și timpii de expunere. De menționat că diafragma apare ca un element direct legat de timpul de expunere iar sensibilitatea hîrtiei fotografice nu va fi un element variabil ci unul etalon, deoarece toate măsurătorile au un caracter relativ, bazate pe comparație. Comparația presupune utilizarea unui tip de hîrtie pe care s-au efectuat deja copii pozitive și a unui anumit set de filtre cu o corespondență a scărilor densitometrice bine cunoscută.

Principiul de măsură al analizoarelor de culoare este ilustrat în fig. 206.

Traductorul fotosensibil (dispozitiv optoelectronic) primește lumina filtrată prin intermediul a cîte unuia din filtrele color R, V, I. Această lumină rezultă din trecerea luminii albe prin negativul color. Măsurătorile se pot face punctal sau integral, în ultima situație fiind necesară o lentilă de difuzie. Rezultatele cele mai bune se înregistrează la măsurători integrale.

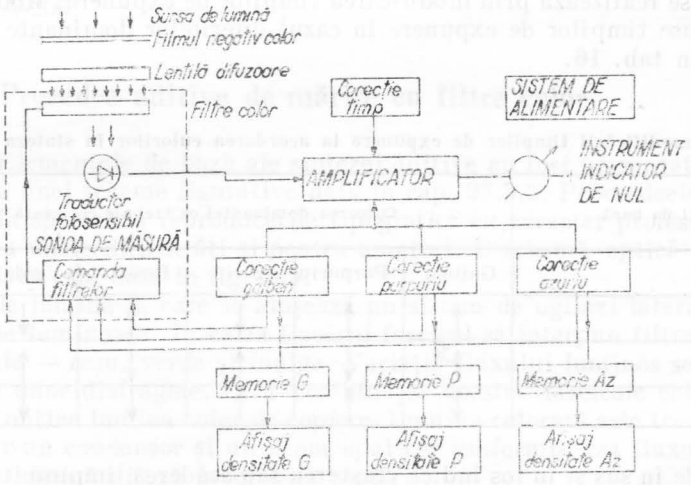


Fig. 206. Schema bloc a unui analizor de culoare cu memorarea valorilor densitometrice.

Interpunerea filtrelor R, V, I înaintea traductorului fotosensibil se face printr-un dispozitiv de comandă. Întregul ansamblu de filtre, traductor şi elemente de comandă a filtrelor pot fi dispuse constructiv într-o sondă de măsură ce poate fi poziţionată sub obiectiv sau direct pe placa de bază a ramei de mărit.

Datele rezultate de la traductorul fotosensibil sînt introduse într-un amplificator a cărui ieşire este conectată la un sistem indicator. Indicaţiile pot fi date în valori relative sau la echilibru prin indicaţii de nul. Indiatorul de nul poate fi un sistem electronic de semnalizare sau un instrument de măsură. Indicaţiile instrumentului se reglează la zero prin intermediul unor circuite de corecţie. Circuitele de corecţie denumite galben (G), purpuriu (P) şi azuriu (Az) semnifică corelaţia unei măsurători cu comanda unuia din filtrele R, V, I. Valorile circuitelor de corecţie pot fi memorate şi afişate digital în valori densitometrice procentuale ale filtrelor de corecţie adiţionale, încorporate în obiectiv sau în capetele color.

Indicaţia instrumentului de măsură poate fi integrală şi fără filtre color interpuse între lumina color şi traductor. În acest caz circuitul de corecţie ce permite stabilirea indicaţiei de nul a instrumentului indicator va cuprinde direct sau afişat valorile timpilor de expunere. În metoda substractivă determinarea timpului de expunere poate fi făcută pe una din componentele de culoare iar în sinteza aditivă folosirea filtrelor este obligatorie.

Deoarece dispozitivele servesc la analiza culorilor, datele privind valorile densitometrice vor fi utilizate prin montarea filtrelor corectoare corespunzătoare în caseta de filtre color, prin poziţionarea filtrelor încorporate în obiectiv respectiv prin poziţionarea filtrelor interferenţiale din capetele de amestec al culorilor.

Valoarea timpilor de expunere va fi introdusă la expunere prin ceasurile electronice de expunere controlată. Atît valorile densitometrice cît şi timpul de expunere se stabilesc ca valori absolute de lucru din comparaţia cu un negeativ test sau un negativ corect expus.

28.6 Analizorul de culoare PCA 060

Analizorul de culoare PHILIPS PCA 060 are structura de bază asemănătoare schemei bloc prezentată la punctul anterior. Punerea în corespondenţă a analizei culorilor, în cazul programării sau a măsurătorilor propriu-zise, cu poziţionarea filtrelor în faţa traductorului fotosensibil se face prin comanda directă a unui servomotoraş înglobat în capul sau sonda de măsură a analizorului. Servomotoraşul poziţionează în funcţie de comandă unul din filtrele roşu, verde şi indigo astfel că se evită orice deplasare a sondei de măsură în timpul lucrului (fig. 207).

Măsurătorile se fac în lumină difuză creată de un difuzor (*1*) montabil sub obiectivul aparatului de mărit cu ajutorul unor cleme speciale. Sonda de măsură (*2*) se plasează pe planşeta de bază a ramei de mărit în zona de iluminare maximă. O ramă specială (*3*) serveşte la amplasarea directă a filtrelor corectoare pe sonda de măsură, la stabilirea filtrajului în cazul sintezei substractive cu set de filtre corectoare adiţionale.

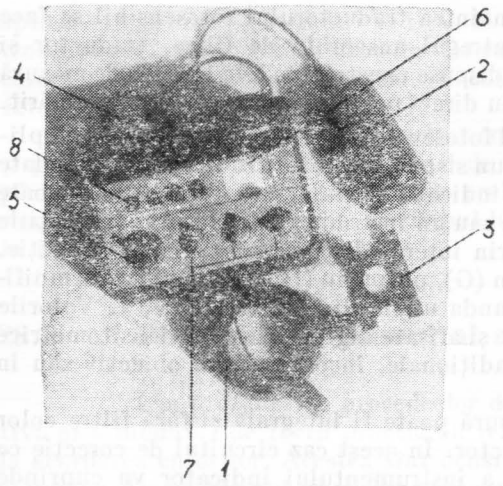


Fig. 207. Analizorul de culoare PCA 060.
1 — lentilă difuzoare; *2* — sondă de măsură cu filtre comandate prin servomotor; *3* — ramă port filtre, utilizată la programarea analizorului; *4* — taste de selectare a filtrelor din sonda de măsură; 5 — buton de stabilire a timpului de expunere; *6* — instrument indicator; *7* — butoane de stabilire a densității filtrelor de corecție; *8* — tastă de alimentare a analizorului.

Analizorul se alimentează de la rețeaua de 220 V sau 120 V, 50—60 Hz, iar prin intermediul unui stabilizator se furnizează tensiunea continuă de 9 V necesară funcționării părții electronice a analizorului.

Comanda filtrelor disc de măsură cu densitatea 5 (AGFA) se face prin butoanele de selecție apăsate pentru fiecare din cele trei culori complementare-galben (4G), purpuriu (4P) și azuriu (4Az). Comanda filtrelor selectează și accesul circuitelor de corecție la amplificator. Aceste circuite servesc la stabilirea valorilor densitometrice ale filtrelor corectoare ce urmează să fie utilizate la acordarea culorilor. Corecțiile se fac cu butoane potențiometrice etalonate în valori densitometrice 0—50%, corespunzătoare celor trei culori complementare — galben (7G), purpuriu (7P) și azuriu (7Az). Aceste butoane sînt reglabile numai în poziția depresată.

Determinarea timpului de expunere se face cu butonul 5 (T) etalonat în unități de timp (0—40 s).

Toate măsurătorile sînt relative și se fac la echilibrul indicat de acul unui instrument de măsură cu cadru mobil (*6*) etalonat în unități densitometrice $-10 \div +10\%$ (AGFA).

Traductorul fotosensibil din sonda de măsură este o fotodiodă prevăzută cu o lupă de concentrare și cu o caracteristică de sensibilitate specială pentru măsurătorile spectrale specifice analizei culorilor.

Modul de operare a analizorului de culoare cuprinde două etape: În prima etapă analizorul se programează cu valorile de timp de expunere și filtraj corespunzătoare unui negativ test sau a unui negativ perfect expus și copiat pe hîrtia fotografică pe care urmează să realizăm copiile pozitive color. Toate aceste negative se compară cu acest program în cadrul celei de a doua etape de măsurători. Astfel prin adăugarea sau scoaterea filtrelor adiționale, prin reglarea filtrelor încorporate în obiectiv sau prin reglarea capului de culoare, balanța culorilor pentru un negativ necunoscut este făcută egală cu balanța culorilor negativului test.

28.6.1 Programarea analizorului de culoare în metoda substractivă

În funcție de tipul aparatului de mărit și de procedura de mărire adoptată (pct. 28.1, 2, 3. ale acestui capitol) se realizează pe baza unui negativ perfect o copie pozitivă cît mai bine balansată. Acest negativ poate fi un negativ test, o mină color sau un negativ lucrat de noi în condițiile standard în care prelucrăm peliculele negative de care dispunem. Acest negativ nu trebuie să prezinte nici o dominantă de culoare. Se recomandă subiecte colorate fotografiate în lumină solară difuză (nori subțiri) care umplu cît mai mult cadrul imaginii.

Copia pozitivă se realizează pe hîrtia color pe care urmează să realizăm și seriile de mărire color, folosind pentru stabilirea filtrajului analizorul de culoare. Timpul de expunere a copiei pozitive test nu trebuie să depășească 20 de secunde dar nu mai puțin de 10 secunde. Această condiție poate fi îndeplinită prin modificarea valorilor diafragmei sau prin utilizarea unei surse de lumină de o intensitate mai mare. După realizarea copiei pozitive test, aparatul de mărit se lasă în această poziție indiferent de valorile diafragmei sau a măririi liniare alese.

Se montează difuzorul (1) sub obiectiv și se poziționează sonda de măsură (2) pe rama de mărit. Se selectează filtrul indigo prin butonul 4Az apăsat.

Fixînd butonul 5T la valoarea maximă, de 40 s se mișcă sonda în cîmpul imaginii pînă ce se găsește zona de iluminare maximă. În această poziție se echilibrează acul instrumentului de măsură (poziția de nul) prin rotirea inversă a butonului 5T și se reia căutarea zonei de maximă iluminare. În final sonda se lasă în acest punct iar butonul 5T este poziționat pe valoarea timpului de expunere determinat pentru negativul test sau negativul de referință.

Se remarcă că la acest analizor stabilirea timpului de expunere se face luînd ca referință intensitatea luminoasă pe canalul azuriu pentru care sensibilitatea traductorului este mai mică. Aceasta poate fi valabilă și pentru componenta de culoare purpurie sau galbenă.

Cu butoanele 4Az, 4P, 4G, selectate succesiv prin apăsare, se reglează din butoanele 7Az, 7P, 7G, ale circuitelor de corecție corespunzătoare, indicațiile de echilibru (zero) ale instrumentului. Corecțiile la echilibru se reiau prin selectarea succesivă a butoanelor 4Az, 4P, 4G pînă ce instrumentul de măsură (6) rămîne pe zero. Valorile densitometrice de pe butoanele 7Az, 7P, și 7G se notează apoi pe cutia de hîrtie color cu care lucrăm.

28.6.2 Determinarea timpului de expunere și acordarea culorilor la un negativ necunoscut în metoda substractivă

După programarea analizorului de culoare se introduce în rama port-clișeu a aparatului de mărit negativul necunoscut, ce urmează să fie mărit. Se fac reglajele de diafragmă și de mărire liniară în funcție de formatul de lucru. Se maschează părțile de clișeu ce ies în afara formatului hîrtiei (aparatele din seria KROKUS au această facilitate din construcție). Se fixează difuzorul sub obiectiv iar sonda de măsură se pune pe rama de mărit căutînd punctul sau zona

de iluminare maximă. Se determină noul timp de expunere luînd ca referinţă componenta azurie (butonul 4Az este selectat). În continuare operaţiile diferă în funcţie de procedeul folosit:

— În cazul filtrelor corectoare adiţionale, pe sonda de măsură se montează rama port filtru (*3*). Selectînd butonul 4P, se aduce instrumentul la echilibru punînd direct peste sonda de măsură filtre purpurii de o densitate corespunzătoare. Numărul filtrelor purpurii care se adaugă trebuie să fie minim. În cazul în care indicaţia instrumentului este pe stînga (—), atunci pentru echilibru trebuie scoase din filtrele purpurii (sau înlocuite cu densităţi mai mici) din caseta port filtru a aparatului. Aceeaşi operaţie se aplică în cazul selectării butonului 4G. Operaţia se repetă prin selectarea succesivă a butoanelor 4Az, 4P şi 4G astfel ca indicaţia instrumentului să rămînă pe zero.

Avînd în vedere că densităţile filtrelor variază discontinuu, este posibil ca echilibrul să nu fie perfect, dar aceasta nu afectează vizibil acordarea culorilor.

Filtrele adăugate se introduc în caseta port-filtru a aparatului pregătit pentru expunere după scoaterea difuzorului şi a sondei de măsură din cîmpul imaginii. Timpul de expunere se introduce într-un ceas de expunere controlată conectat direct cu aparatul de mărit.

— În cazul filtrelor încorporate în obiectiv sau al aparatelor de mărit cu cap de culoare reglajele filtrelor galben, purpuriu şi azuriu se poziţionează iniţial pe zero. Cu butonul 4Az depresat se stabileşte timpul de expunere prin reglajul butonului 5T al analizorului la echilibrul indicatorului. În continuare cu butoanele 4P şi 4G depresate se fac reglajele densitometrice direct pe aparatele de mărit (butoanele P şi Az la obiectivul JANPOL-COLOR respectiv butoanele *M* şi *Y* la capul de culoare) pînă cînd indicaţiile instrumentului sînt la echilibru. Se repetă operaţia prin depresarea succesivă a butoanelor 4Az, 4M şi 4C. În final se scoate difuzorul şi sonda de măsură, aparatul de mărit fiind pregătit pentru expunere. Expunerea se face controlat printr-un ceas electronic de precizie.

La fixarea timpului de expunere, în oricare din procedeele substractive în care se face analiza culorilor, s-a utilizat ca referinţă de timp componenta azurie. Dacă se constată că la reglajele ulterioare, cu butoanele 4P şi 4G depresate, indicaţiile instrumentului rămîn pe stînga şi acordarea culorilor nu se poate face prin scoaterea filtrelor respectiv valorile densitometrice de la filtrele încorporate sau de la capetele color sînt pe zero, se alege ca referinţă pentru stabilirea timpului de expunere componenta purpurie sau cea galbenă, operaţiile desfăşurîndu-se în acelaşi mod. Lucrul acesta este posibil deoarece niciodată nu se folosesc combinaţii de mai mult de 2 filtre corectoare.

Corecţiile grosiere ce trebuie făcute la realizarea unui negativ test sau la acordarea culorilor sînt date în tab. 17.

Corecţiile se pot face prin adăugarea sau scoaterea unor filtre.

28.6.3 Programarea analizorului de culoare în metoda aditivă

În cazul metodei de sinteză aditivă se porneşte tot de la un negativ test sau de la un negativ bine expus ce se copiază pe hîrtia color cu care urmează să lucrăm. După ce se reuşeşte o copie foarte bună se notează cei trei timpi de

Tabelul 17

Corecţia grosieră la acordarea culorilor în metoda substractivă

Dominanta	Dacă este posibil se îndepărtează filtrele	Dacă nu, se adaugă filtrele
prea galben	purpuriu + azuriu	galben
prea purpuriu	galben + azuriu	purpuriu
prea azuriu	galben + purpuriu	azuriu
prea albastru	galben	purpuriu + azuriu
prea verde	purpuriu	galben + azuriu
prea roşu	azuriu	galben + purpuriu
insuficient galben	galben	purpuriu + azuriu
insuficient purpuriu	purpuriu	galben + azuriu
insuficient azuriu	azuriu	galben + purpuriu
insuficient albastru	purpuriu + azuriu	galben
insuficient verde	galben + azuriu	purpuriu
insuficient roşu	galben + purpuriu	azuriu

expunere t_r, t_v, t_i corespunzători expunerii cu filtru roşu, verde şi indigo (un procedeu aditiv este descris la pct. 28.4 al acestui capitol). După executarea copiei se lasă aparatul de mărit cu ultimele reglaje de diafragmă şi de mărire liniară.

Se introduce difuzorul sub obiectiv şi cu sonda de măsură se caută zona de iluminare maximă la nivelul ramei de mărit. Cu butonul 4 Az depresat se fixează din butonul 5 T valoarea t_r. Se reglează apoi butonul 7 Az pînă la indicaţia de zero a instrumentului indicator. Succesiv se depresează butoanele 4 P şi 4 G, se fixează corelat la butonul 5 T valorile t_r şi t_i, iar din butoanele de reglaj 7 P şi 7 G se stabileşte echilibrul instrumentului. Analizorul este acum programat. Se notează valorile densitometrice de pe butoanele 7 Az, 7 P şi 7 G pe cutia de hîrtie color.

28.6.4 Determinarea timpilor de expunere şi acordarea culorilor la un negativ necunoscut în metoda aditivă

Cu difuzorul fixat sub obiectiv se caută cu ajutorul sondei de măsură zona de iluminare maximă dată de proiecţia negativului necunoscut montat în rama port-clişeu a aparatului de mărit (butonul 4 Az selectat). Depresînd succesiv butoanele 7 Az, 7 P, 7 G pe care sînt fixate valorile densitometrice notate la programarea anterioară se aduce instrumentul la echilibru prin poziţionarea corespunzătoare a butonului de timp de expunere 5 T. Timpii marcaţi la echilibru, în cele trei situaţii, se notează, fiind expunerile reale ale negativului la introducerea în sertarul de filtre a filtrelor roşu, verde şi indigo. Expunerea propriu-zisă se face după scoaterea difuzorului şi a sondei de măsură din cîmpul imaginii proiectate.

De remarcat că analizorul de culoare nu permite stabilirea unui filtraj corect dacă negativul test sau de referinţă n-a fost corect ales sau negativele ce urmează să fie copiate prezintă o dominantă de culoare.

28.7 Analizorul de culoare CNA 200

Analizorul de culoane CNA-200, produs al firmei DURST, reuneşte constructiv şi funcţional analizorul de culoare COLORNEG III-HS (ce se montează sub obiectivul aparatului de mărit, servind numai la stabilirea filtrajului) şi exponometrul de laborator LUXONEG III-HS (ce serveşte la determinarea timpului de expunere prin măsurători exponometrice la nivelul ramei de mărit cu semnalizarea electronică a echilibrului).

Analizorul de culoare CNA 200 se livrează ca aparat independent, avînd ca traductor fotosensibil o fotodiodă cu siliciu ce asigură un răspuns rapid la măsurători. Analiza culorilor se face tot pe criterii de comparaţie cu un negativ test bine expus şi bine copiat. Etapele de lucru sînt cele de programare şi cele de măsurare efectivă pentru determinarea valorilor absolute ale filtrajului şi a timpului de expunere.

Etalonarea aparatului se face în fabrică şi se bazează pe utilizarea filmului negativ KODAK şi a hîrtiei KODAK-EKTA-COLOR. Pentru alte hîrtii color sau alte sisteme de etalonare densitometrică trebuie făcute corecţii care se stabilesc mai ales experimental.

Măsurătorile pentru partea de luxmetru sau densitometru pot fi făcute punctal sau integral prin intermediul unei lentile difuzoare. Măsurarea punctală permite corecţia unor negative cu dominante de culoare prin luarea în consideraţie a unei nuanţe gri neutre. Analizorul poate fi programat pentru această nuanţă repetabilă şi cu ajutorul măsurătorii punctale să se facă corecţia dominantei. Măsurătorile integrale sînt avantajoase pentru negative bine echilibrate ca balanţă a culorilor.

Determinarea filtrajelor se face după programare, la introducerea negativului de lucru în rama port-clişeu a aparatului de mărit. Valorile densitometrice rezultate sînt memorate şi afişate digital în trei cifre pentru cele trei componente de culoare.

Determinarea timpului de expunere se face pe componenta de culoare liberă care nu necesită filtraj (de obicei cea azurie) iar indicaţia este dată tot digital (domeniul 0÷99,9 s), dar de un potenţiometru multitură cu contor numeric.

Valorile densitometrice în care este etalonat analizorul de culoare CNA-200 corespund valorilor densitometrice ale filtrelor interferenţiale din capetele color ale aparatelor de mărit din seria DURST M COLOR.

Alimentarea aparatului se face de la o baterie de Ni-Cd de 9 V.

28.8 Probleme legate de realizarea şi etalonarea unui analizor de culoare

Din schema bloc prezentată în acest capitol la punctul 5, rezultă principalele elemente ce intră în compunerea unui analizor de culoare. Exemplificarea prezentării analizoarelor de culoare cu utilizarea lor practică în cadrul

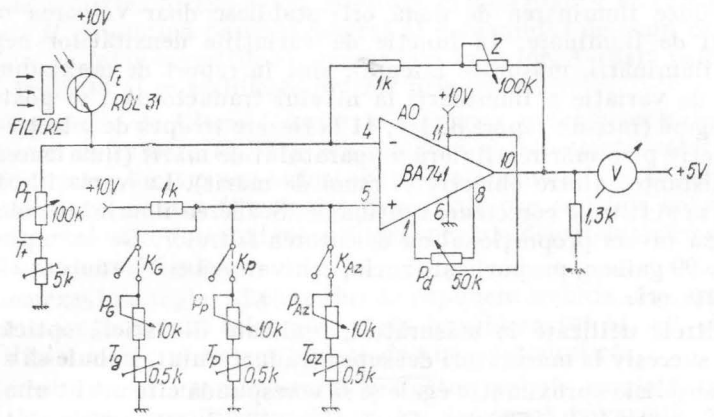


Fig. 208. Modelul funcţional al unui analizor de culoare.

celor două metode de sinteză, permite modelarea funcţională a unui analizor de culoare. Schema modelului funcţional este dată în fig. 208.

Pe borna inversoare a amplificatorului operaţional (AO) se aplică o tensiune ale cărei variaţii sînt date de iluminarea traductorului fotosensibil (fototranzistorul ROL 31) şi de reglajul potenţiometrului P_T de marcare a timpului de expunere.

Pe borna neinversoare a AO se aplică o tensiune reglabilă din potenţiometrele P_G, P_P, P_{Az}. Selecţia acestor potenţiometre se face prin intermediul butoanelor K_P, K_G, K_{Az} şi servesc la echilibrarea indicatorului de măsură.

Sensibilitatea întregului ansamblu de alimentare şi domeniul de amplificare se reglează din potenţiometrul Z din circuitul de reacţie. Decalajul tensiunilor de la intrare se reglează din potenţiometrul P_d.

Indicatorul de echilibrare este un voltmetru conectat între ieşirea AO şi mediana sursei de alimentare a analizorului. În acest fel, indicaţia de echilibru va fi dată pe poziţia mediană a scalei unui instrument cu nul la mijloc.

Dacă modelul funcţional al schemei este relativ simplu, problemele cele mai dificile sînt legate de etalonarea aparatului. Elementele necesare etalonării sînt:

— domeniul de iluminare la nivelul traductorului fotosensibil;
— domeniul de transmisie şi densităţile filtrelor folosite la măsurători;
— sensibilitatea şi caracteristica spectrală a traductorului;
— sensibilitatea hîrtiei color;
— domeniul densităţilor optice ce trebuie stabilite în urma analizei culorilor;
— domeniul timpului de expunere;
— sensibilitatea instrumentului indicator.

Detalierea elementelor enunţate presupune luarea în consideraţie a următoarelor date:

— Se consideră ca sursă de iluminare filmul negativ transparent. Intensitatea sursei de lumină, condensorul folosit, introducerea geamului opal de

difuzie (reduce iluminarea de două ori) stabilesc doar valoarea maximă a domeniului de iluminare. În funcţie de variaţiile densităţilor negativului, variaţiile iluminării, măsurate integral, sînt în raport de maximum 1 la 20. Domeniul de variaţie a iluminării la nivelul traductorului se poate micşora prin diafragmă (într-un raport de 1:1, 41 la fiecare treaptă de selecţie a diafragmei) respectiv prin mărirea liniară a aparatului de mărit (iluminarea scade cu pătratul distanţei dintre obiectiv şi rama de mărit). La variaţiile iluminării mai intervin şi filtrele corectoare adiţionale. Scăderea iluminării este o funcţie care variază invers proporţional cu densitatea filtrelor. De exemplu prezenţa a trei filtre 99 galben, purpuriu şi azuriu, echivalează cu o reducere a iluminării de circa 10 ori.

— Filtrele utilizate la măsurători, realizate din sticlă optică colorată, amplasate succesiv la măsurători deasupra traductorului, trebuie să aibă domeniile de transmisie aproximativ egale şi să corespundă cîte unei treimi din spectrul vizibil, între 400 şi 700 nm. Dacă domeniile de transmisie sînt mai nete, influenţa între reglaje pentru componentele de culoare adiacente este mai redusă. Densitatea acestor filtre limitează şi ele domeniul de variaţie a iluminării la nivelul sondei de măsură. Acest domeniu final trebuie să corespundă domeniului de sensibilitate optimă a traductorului.

— Zona de sensibilitate a traductorului se alege după două criterii. Primul se referă la caracteristica de iluminare-curent, care se doreşte să fie cvasiliniară, pentru a uşura reglajul potenţiometric atît la stabilirea filtrajelor cît şi a timpului de expunere. Al doilea criteriu se referă la caracteristica spectrală a traductorului, care trebuie să prezinte o sensibilitate acceptabilă şi pentru zonele de albastru-indigo. Dacă caracteristica spectrală are o alură asemănătoare cu cea a ochiului uman (v. fig. 5) se asigură, din modul de operare a schemei, o reproducere cît mai fidelă a culorilor. Aceste două caracteristici sînt prezentate în fig. 209 pentru celula fotovoltaică BPW 21 M, destinată special pentru măsurători fotometrice color.

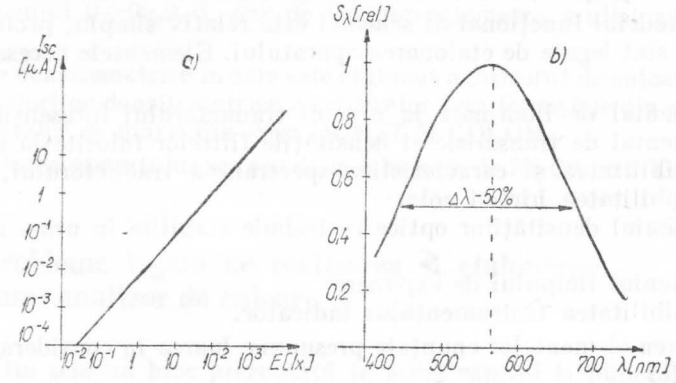


Fig. 209. Celula fotovoltaică BPW 21 M:
a — caracteristica de sensibilitate; *b* — caracteristica spectrală.

— Sensibilitatea hîrtiei color, înțeleasă în mod practic ca valoarea optimă a expunerii H determină punctul central al domeniului de timp de măsură și de iluminare cu toate variațiile ei, prezentate anterior. Această valoare nu este de obicei indicată și se stabilește practic prin probe.

— Densitățile de filtraj folosite la marcarea potențiometrelor de reglaj din analizorul de culoare P_G, P_P, P_{Az} trebuie să reprezinte valorile filtrelor de corecție cu care lucrăm sau valori echivalente pentru filtrele încorporate în obiectiv respectiv pentru filtrele interferențiale din capetele color. Marcarea se va face la etalonare folosind măsurători speciale densitometrice sau pe baza rezultatelor experimentale.

— Domeniul de reglaj al timpului de expunere trebuie să acopere variațiile de iluminare în sensul celor prezentate la subpunctul a1. cît și variațiile de sensibilitate a diferitelor sortimente de hîrtie fotografică.

— Sensibilitatea instrumentului indicator trebuie corelată cu variațiile tensiunii de ieșire a amplificatorului pentru domeniul de variație a iluminării implicit legat de cel al expunerii și al filtrajului. Pentru un domeniu limitat de variații în jurul poziției de echilibru instrumentul indicator poate fi etalonat în unități grosiere de valori densitometrice de filtre corectoare.

În concluzie realizarea și etalonarea unui analizor de culoare trebuie făcută pentru o anumită hîrtie color și un anumit set de filtre corectoare. La aceasta se adaugă tipul de traductor folosit, setul de filtre de măsură și tipul instrumentului indicator. Numai etalonînd un aparat în acest mod, cu respectarea operațiilor de programare și analiză comparativă, valorile absolute rezultate vor reprezenta și valorile optime de lucru.

28.9 Înglobarea analizoarelor de culoare în sistemele de expunere automată

În cazul sintezei substractive utilizarea analizorului de culoare în sistemele de expunere automată este posibilă numai la nivelul reglării timpului de expunere. Comanda și reglarea filtrajului în cazul filtrelor încorporate și a capetelor color ridică mari dificultăți, ce depășesc posibilitățile unui amator.

Înglobarea analizorului de culoare se poate face indirect prin dublarea potențiometrului de reglaj P_T. Valoarea de reglaj va acționa direct într-un sistem de expunere controlată. Expunerea poate fi făcută și într-un sistem de expunere automată cu memorarea datelor de expunere (cap. 19.3.).

În cazul sintezei aditive înglobarea analizoarelor de culoare depinde de tipul aparatului de mărit. Pentru aparatele cu o singură sursă de lumină, timpii de expunere se introduc succesiv corespunzător filtrelor folosite. La aparatele cu trei surse de lumină, introducerea timpilor de expunere se poate face simultan prin trei ceasuri de expunere controlată sau prin variația echivalentă a intensității sursei de lumină (cap. 20.4).

STABILIZATOARE DE TENSIUNE

Dispozitivele electronice utilizate în laboratorul fotografic pentru măsurători sau reglări necesită surse de tensiune stabilizată atît în curent continuu cît și în curent alternativ.

Schemele electronice ale dispozitivelor prezentate pe parcurs nu au cuprins și stabilizatoarele de tensiune. De aceea, în acest capitol se prezintă cîteva tipuri de stabilizatoare de tensiune de uz general, de puteri și performanțe ce asigură funcționarea optimă a dispozitivelor descrise.

29.1 Stabilizatoare în curent alternativ

În cadrul prelucrării materialelor fotosensibile color s-a subliniat importanța stabilizării tensiunii de rețea, de alimentare a surselor de lumină a aparatelor de mărit. Această stabilizare este impusă de modificarea sensibilă a temperaturii de culoare și deci a compoziției spectrale a luminii emise de becuri, în cazul supravoltării sau subvoltării alimentării provocată de inevitabilele fluctuații ale tensiunii de rețea.

Fiind vorba de puteri relativ mari stabilizate, de ordinul a 100—250 VA, stabilizatoarele parametrice de tip bareter, cu tranzistoare FET sau cu diode Zener nu pot fi utilizate. Soluțiile posibile, cu tot randamentul scăzut și gabaritul ridicat, sînt cele cu stabilizatoare de tensiune cu amplificatoare magnetice sau invertoarele statice.

— *Amplificatoarele magnetice* sînt stabilizatoare parametrice ce utilizează pentru stabilizare un miez magnetic, saturabil printr-o comandă de curent continuu de mică putere (fig. 210).

Miezurile magnetice sînt realizate din tole de transformator din tablă de fier-siliciu de 0,35 mm a căror caracteristică magnetică cuprinde o zonă de permeabilitate magnetică μ_m ridicată (zona de variație liniară A) și una de permeabilitate magnetică μ_m scăzută (zona cvasiorizontală B) (fig. 211).

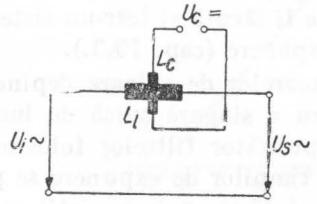


Fig. 210. Schema bloc a unui amplificator magnetic.

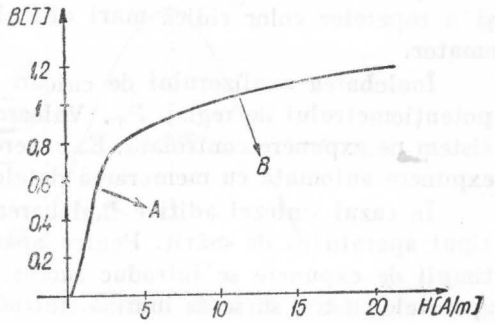
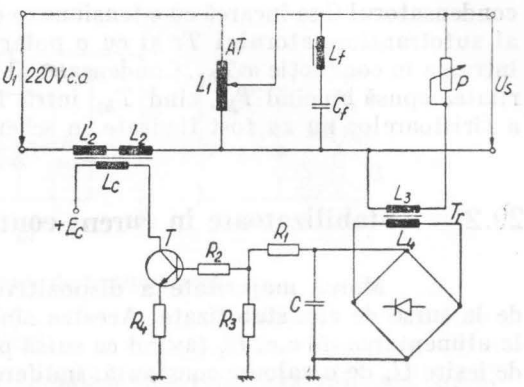


Fig. 211. Curba de magnetizare în curent alternativ a tolelor din tablă de siliciu de 0,35 mm.

Fig. 212. Stabilizator de curent alternativ cu amplificator magnetic.



Saturînd mai mult sau mai puțin miezul magnetic L_1 prin comanda dată pe miezul magnetic L_c, se modifică impedanța totală de sarcină și se variază tensiunea de la ieșirea amplificatorului magnetic.

Punînd în corespondență variațiile tensiunii de ieșire U_s, provocată de variațiile sarcinii sau ale tensiunii de la intrare U_1, cu comanda amplificatorului magnetic se obține un stabilizator de c.a. cu amplificator de eroare (fig. 212).

Tensiunea de ieșire, redusă printr-un transformator Tr, este aplicată unei punți redresoare care comandă un amplificator de eroare realizat cu un tranzistor avînd ca sarcină inductanța unui miez magnetic ce saturează, în funcție de comanda primită, miezurile L_2 și L'_2. Tensiunea de comandă este astfel aleasă încît la scăderea tensiunii de ieșire, inductanța bobinelor L_2 și L'_2 scade și tensiunea aplicată la ieșire crește. Ieșirea poate fi furnizată nu numai prin autotransformatorul AT ci și printr-o înfășurare secundară separată.

Un asemenea stabilizator asigură la variații de $\pm 20\%$ ale tensiunii de rețea variații de $\pm 1\%$ ale tensiunii de ieșire pe sarcină.

— *Invertoarele statice* sînt dispozitive care transformă tensiunea de c.c. în tensiune de c.a. de o anumită frecvență sau formă de undă. Rezultă că invertoarele sînt precedate de redresoare comandate și stabilizate. Dintre soluții, cele mai des utilizate, atît pentru redresoarele comandate cît și pentru invertoare statice, sînt tiristoarele convenționale sau triacurile. Deoarece alimentarea invertoarelor se face în c.c., sînt necesare circuite speciale de stingere a tiristoarelor. Schema de principiu a unui astfel de invertor este dată în fig. 213. Considerăm că la un moment dat T_{h1} conduce și T_{h2} este blocat. În acest caz

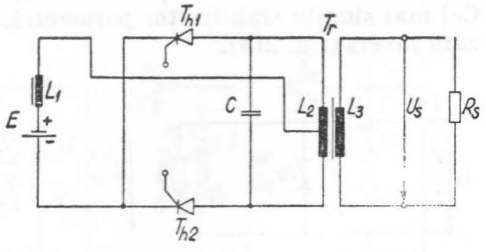


Fig. 213. Schema de principiu a unui invertor static.

condensatorul C se încarcă cu o tensiune ce depinde de raportul de transformare al autotransformatorului Tr şi cu o polaritate ce duce la blocarea lui T_{h1} şi intrarea în conducţie a T_{h2}. Condensatorul C se descarcă şi se încarcă cu polaritatea opusă blocînd T_{h2}, cînd T_{h1} intră în conducţie. Circuitele de stingere a tiristoarelor nu au fost figurate în schemă.

29.2 Stabilizatoare în curent continuu

Marea majoritate a dispozitivelor prezentate necesită alimentări de la surse de c.c. stabilizate. Acestea sînt circuite specializate ce asigură de la alimentarea de c.c. U_1 (avînd ca sursă primară reţeaua de c.a.) o tensiune de ieşire U_s de o valoare constantă, indiferent de variaţiile sarcinii (deci a consumului), a parametrilor de intrare (tensiunea şi ondulaţiile grupurilor de redresoare intermediare) respectiv a variaţiilor de temperatură a mediului ambiant.

Făcînd abstracţie de transformatoarele de reţea şi de elementele de redresare-filtrare, parametrii ce caracterizează un stabilizator de c.c. sînt:

— factorul de stabilizare F dat de relaţia:

$$F = \frac{\frac{\Delta U_1}{U_1}}{\frac{\Delta U_s}{U_s}} \quad \text{cînd curentul de sarcină } I_s = \text{const.}$$

— rezistenţa de ieşire sau rezistenţa internă r_i dată de relaţia:

$$r_i = \frac{\Delta U_s}{\Delta I_s} \quad \text{cînd tensiunea de intrare } U_1 = \text{const.}$$

— coeficientul de temperatură K_T definit prin relaţia:

$$K_T = \frac{\Delta U_s}{\Delta T} \quad \text{cînd } U_1 \text{ şi } I_s \text{ sînt constante.}$$

29.2.1 Stabilizatoare liniare parametrice

Stabilizatoarele liniare parametrice, de puteri mici şi performanţe medii, se caracterizează printr-o mare simplitate a schemelor şi a componentelor utilizate. Ele folosesc pentru stabilizare caracteristica neliniară a diodelor semiconductoare de tip Zener, a stabilitroanelor sau a diodelor redresoare. Cel mai simplu stabilizator parametric se realizează cu o diodă Zener polarizată invers (fig. 214).

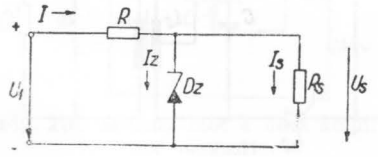


Fig. 214. Stabilizator cu diodă Zener.

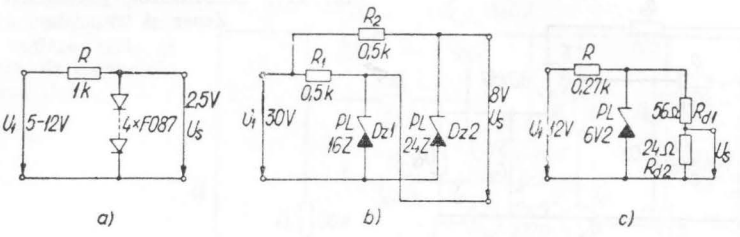


Fig. 215. Stabilizatoare de tensiuni mici.

Parametrii acestui stabilizator sînt:

$F \approx \frac{R}{r_s}$ unde R este o rezistență de balast care limitează valoarea curentului prin sarcină respectiv asigură curentul minim al diodei Zener; r_z este rezistența diodei Zener (de ordinul ohmilor pînă la zeci de ohmi).

$r = r_z$ iar $K_T = \frac{\Delta U_s}{\Delta T}$.

În funcție de tensiunile stabilizate solicitate se vor utiliza diode Zener cu tensiuni Zener U_z de la 2,7 V la 200 V.

Valoarea rezistenței de balast este dată de relația:

$$R \approx \frac{U_1 - U_z - r_z \cdot I_z}{I_z\left(1 + \frac{r_z}{R_s}\right) + \frac{U_z}{R_s}}.$$

Valorile mici de tensiuni stabilizate se pot obține folosind caracteristica diodelor redresoare polarizate direct, înseriind mai multe diode cu siliciu sau germaniu (fig. 215, *a*), diferențial din două stabilizatoare parametrice simple (fig. 215, *b*) sau în cazul unui consum mic, de pe un divizor montat în paralel cu dioda Zener stabilizatoare (fig. 215, *c*).

Pentru a obține un coeficient de temperatură înbunătățit, deriva termică pronunțată a diodelor Zener poate fi compensată acceptabil prin inserierea ei cu o diodă redresoare cu siliciu.

În cazul în care dispozitivul necesită mai multe trepte de tensiuni stabilizate de mică putere, stabilizatoarele se pot monta în cascadă (fig. 216).

Factorul de stabilizare a celei de a treia trepte va fi:

$$F = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3$$

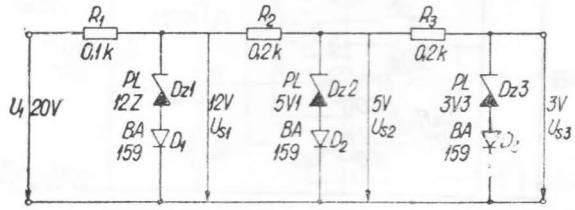


Fig. 216. Stabilizatoare de tensiuni în trepte.

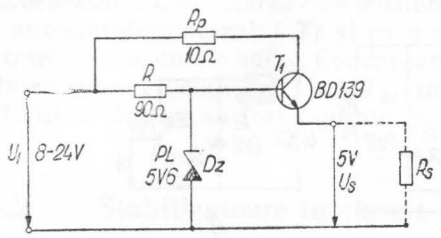


Fig. 217. Stabilizator parametric cu diodă Zener și tranzistor.

În cazul în care curentul de sarcină solicitat este mare, pentru a păstra condițiile de funcționare normală a diodei Zener (determinată de $I_{z\ max}$), se impune utilizarea unor repetoare pe emitor realizate cu tranzistoare (fig. 217).

Stabilizarea este acceptabilă pentru curenții medii.

29.2.2 Stabilizatoare liniare cu reacție

Principiul de funcționare al acestor tipuri de stabilizatoare se bazează pe reacția negativă aplicată unui element regulator conectat în serie (*ERS*) sau în paralel (*ERP*) cu sarcina. Această tensiune de reacție este culeasă de la ieșire cu un traductor (*T*), comparată cu o tensiune de referință (*REF*) și amplificată sub forma unui semnal de eroare (ε) într-un amplificator (*AE*) (fig. 218). Performanțele stabilizatoarelor liniare cu reacție sînt net superioare celor parametrice.

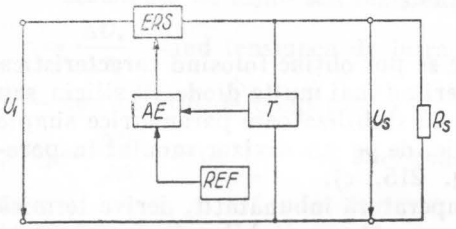


Fig. 218. Schema bloc a unui stabilizator cu reacție cu element de reglare serie.

Într-o schemă practică de stabilizator liniar cu reacție, elementul traductor este de obicei un divizor potențiometric format din rezistențele R_3 și R_4. Pentru reglajul fin al tensiunii de ieșire se utilizează potențiometrul P (fig. 219).

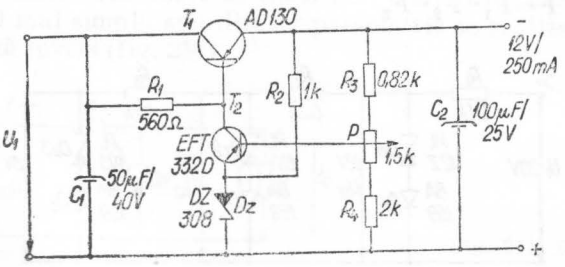
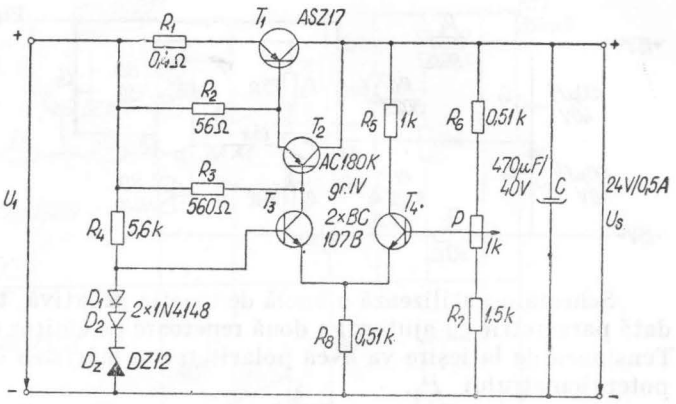


Fig. 219. Stabilizator liniar cu reacție, cu element de reglare serie.

Fig. 220. Stabilizator de tensiune cu reacție, cu element de reglare serie și amplificator de eroare diferențial.



Tensiunea de referință este livrată de o diodă Zener sau de un alt tip de stabilizator parametric simplu sau cu tranzistor. Valoarea minimă a curentului prin dioda Zener este stabilită de rezistența R_2. Amplificatorul de eroare, realizat cu tranzistorul T_2, comandă elementul de reglaj serie T_1. Variațiile tensiunii de la ieșire vor bloca mai mult sau mai puțin elementul regulator serie în funcție de creșterea sau scăderea tensiunii.

Inconvenientul limitării curentului prin dioda de referință se poate elimina utilizînd un amplificator de eroare în montaj diferențial (fig. 220).

În această schemă se asigură un coeficient de temperatură mai scăzut și un factor de stabilizare mai ridicat. Variațiile tensiunii de ieșire sînt sesizate de tranzistorul T_4 aflat în montaj diferențial cu T_3, în a cărui bază se află elementul de referință-dioda Zener Dz înseriată cu două diode de comutație.

Pentru a realiza curenți de sarcină ridicați, pentru elementul de reglare serie s-a ales un tranzistor de putere T_1, iar pentru comanda lui T_1 s-a introdus tranzistorul T_2 aflat cu T_1 într-un montaj Darlington ce asigură o amplificare suficient de mare.

În cazul valorilor ridicate ale curenților din sarcină, elementul de reglare serie se poate realiza cu tranzistoare în paralel. Avînd în vedere dispersia caracteristicilor tranzistoarelor, în serie cu emitoarele lor se prevăd rezistențe de egalizare (fig. 221).

În unele din aplicațiile prezentate este necesar să dispunem de o sursă bipolară (fig. 222).

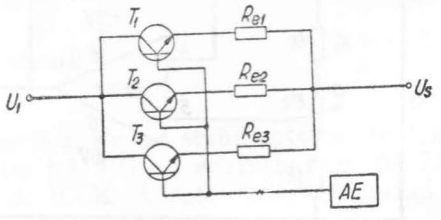


Fig. 221. Element de reglare serie cu tranzistoare în paralel.

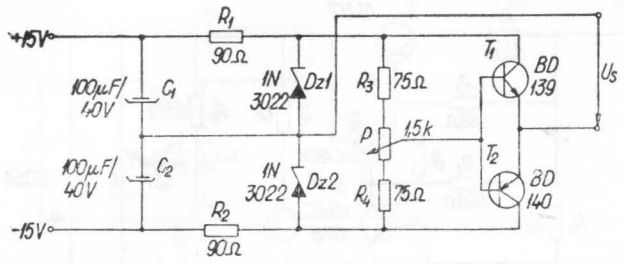


Fig. 222. Sursă de tensiune bipolară.

Schema nu utilizează o buclă de reacţie negativă, tensiunea de ieşire fiind dată parametric cu ajutorul a două repetoare pe emitor de tranzistoare perechi. Tensiunea de la ieşire va avea polaritatea şi mărimea determinată de reglajul potenţiometrului P_3.

29.3 Stabilizatoare în curent continuu cu circuite integrate

Există două modalităţi de realizare a stabilizatoarelor de c.c. cu circuite integrate. Prima utilizează proprietăţile unor circuite integrate de uz general-amplificatoare operaţionale. Cealaltă utilizează chiar circuite integrate specializate ca stabilizatoare de tensiune. În primul caz amplificatorul operaţional (*AO*) poate fi utilizat ca un bun amplificator de eroare sau în cazul puterilor mici ca element parametric regulator de tensiune. În cel de al doilea caz circuitul integrat (*CI*) specializat cuprinde tensiunea de referinţă, amplificatorul de eroare şi elementul de reglare serie. Traductorul de tensiune apare numai în cazul stabilizatoarelor de tensiuni fixe. Pentru puteri mai mari funcţia de reglare serie este preluată de tranzistoare de putere adiţionale stabilizatorului de tensiune integrat.

29.3.1 Stabilizatoare de tensiune cu amplificatoare operaţionale integrate

Schemele cele mai simple de surse intermediare de tensiune reglabile în plaje mari sînt cele realizate cu *AO* de tip μA 741 sau echivalentele lor, folosite ca repetoare (fig. 223).

Tensiunea de ieşire va fi determinată de reglajul potenţiometrului P, fiind variabilă în limitele de la 0,2 V la 15 V. În cazul în care intrarea

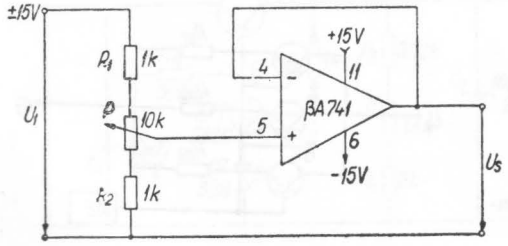


Fig. 223. Sursă de tensiune intermediară cu amplificator operaţional.

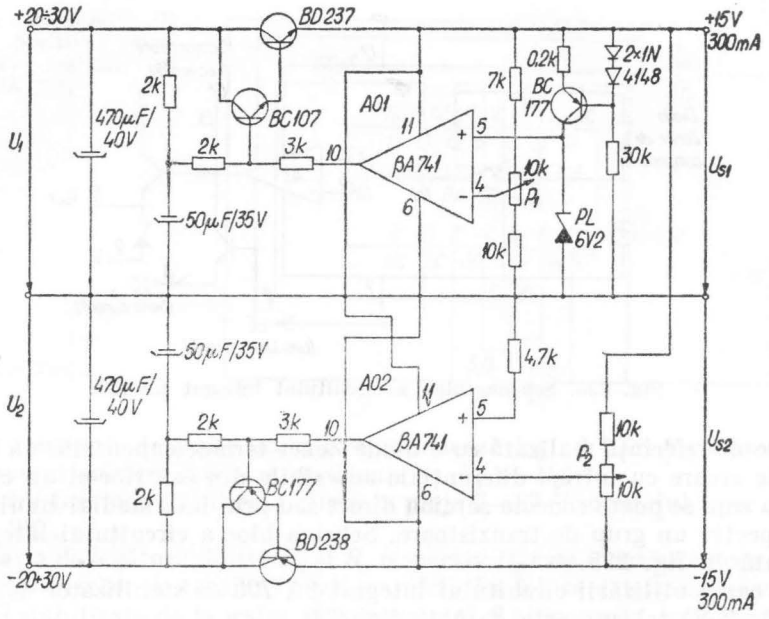


Fig. 224. Sursă dublă de tensiune stabilizată realizată cu amplificatoare operaţionale.

neinversoare se aplică la un divizor potenţiometric bipolar, se poate realiza cu acest montaj o sursă intermediară bipolară de tensiune. Stabilizarea este acceptabilă sub limitele curentului admis pe *AO* (0—30 mA). Acest montaj se pretează la realizarea unor tensiuni mici din tensiuni stabilizate iniţial cu alte montaje cu performanţe ridicate.

Un montaj cu performanţe foarte bune, ce utilizează *AO* ca amplificatoare de eroare în cadrul unei surse duble de tensiune, este dat în fig. 224.

Tensiunea dată de traductorul de referinţă montat pe ramura sursei pozitive este comparat cu tensiunea dată de traductorul de măsură realizat cu potenţiometrul P_1 · AO1 are funcţia de amplificator de eroare diferenţial şi comandă direct elementul regulator serie realizat pe ramura tensiunii pozitive cu tranzistorul BD 237. Ramura tensiunii negative nu mai foloseşte un traductor de referinţă separat ci numai un traductor de măsură, ce pune în corespondenţă cele două tensiuni de ieşire. Astfel variaţiile tensiunilor de ieşire vor fi în acelaşi sens, ceea ce constituie un element de stabilitate pentru circuitele integrate operaţionale alimentate din această schemă.

29.3.2 Stabilizatoare de tensiune cu circuite integrate specializate

Dintre circuitele integrate specializate ca stabilizatoare de tensiune cele mai răspîndite sînt cele de tip μA 723 cu echivalentele βA 723 şi ROB 723, produse de IPRS respectiv de ICCE. Aceste circuite cuprind o

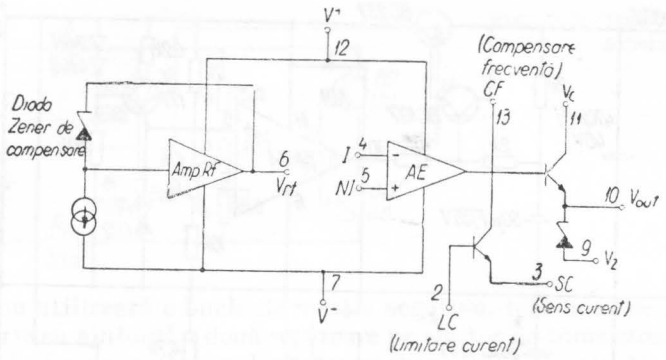


Fig. 225. Schema bloc a circuitului integrat βA 723.

tensiune de referință realizată cu o diodă Zener termocompensată, un amplificator de eroare cu intrări diferențiale accesibile din exterior și un circuit de ieșire la care se poate conecta sarcina direct sau prin intermediul unui tranzistor respectiv un grup de tranzistoare. Schema bloc a circuitului integrat 723 este dată în fig. 225.

În cazul utilizării circuitului integrat βA 723 ca stabilizator de tensiuni mici (2—7 V) schema este dată în fig. 226.

Parametrii acestui stabilizator sînt $F=2000$, $r=0{,}1\ \Omega$ și $K_T=3\cdot10^{-5}$V/°C. Divizorul R_1, R_2 se alege în funcție de tensiunea stabilizată a cărei valoare este dată de relația:

$$V_{OUT}=V_{REF}\cdot\frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}.$$

Rezistențele R_3 și R_{sc} sînt date de relațiile:

$$R_3=\frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}\qquad R_{sc}=\frac{0{,}65\ \text{V}}{I_{0\ max}}$$

În această conexiune întreaga tensiune de ieșire se aplică pe borna inversoare iar pe borna neinversoare o parte din tensiunea de referință. Dacă se dorește

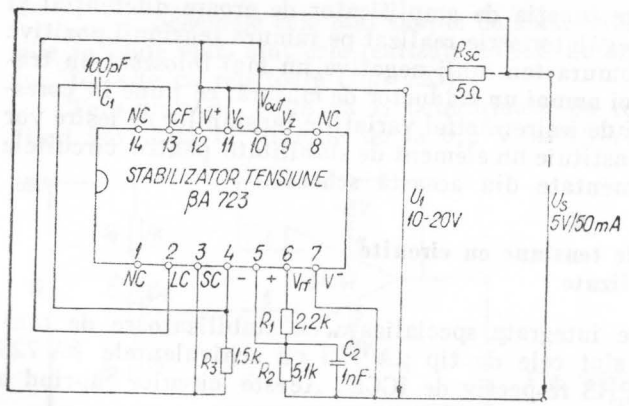


Fig. 226. Stabilizator de tensiuni pozitive mici (2 ... 7 V) realizat cu βA 723.

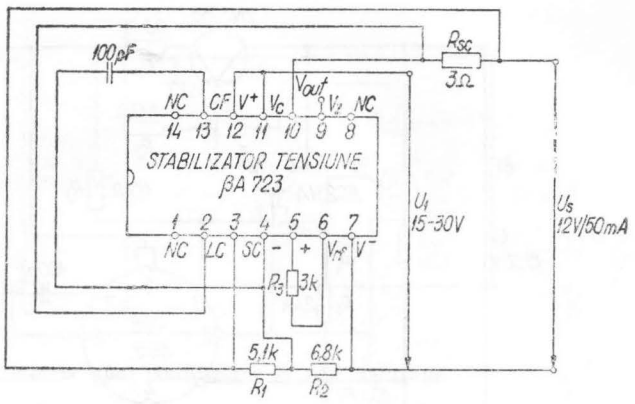


Fig. 227. Stabilizator de tensiuni pozitive mari (7 ... 37 V) realizat cu βA 723.

reglarea tensiunii de ieşire aceasta se realizează legînd intrarea neinversoare de un potenţiometru interpus rezistenţelor R_1 şi R_2.

Pentru tensiuni stabilizate aflate în plaja 7—37 V montajul tipic este dat în fig. 227.

Relaţia de legătură dintre R_3 şi R_1 respectiv R_2 este identică cu cea a montajului stabilizator de tensiuni pozitive mici. La fel se determină şi valoarea tensiunii stabilizate de la ieşire. Condensatorul C nu permite intrarea în oscilaţie a montajului. În acest caz întreaga tensiune de referinţă se aplică pe borna neinversoare R_3 iar pe borna inversoare se aplică o parte din tensiunea de ieşire.

Circuitul integrat βA 723 poate fi folosit şi ca stabilizator de tensiune negativă de putere (fig. 228).

La acest montaj pentru a realiza puteri stabilizate mari se adaugă la ieşire un grup Darlington format din tranzistoarele T_1 şi T_2. Valoarea tensiunii de ieşire şi valoarea rezistenţei R_5 sînt date de relaţiile:

$$U_s = \frac{U_{ref}}{2} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} \qquad R_5 = (U_1 - U_0 - U_{be}) \cdot \frac{\beta_{T1} \cdot \beta_{T2}}{I_{0\,max}}.$$

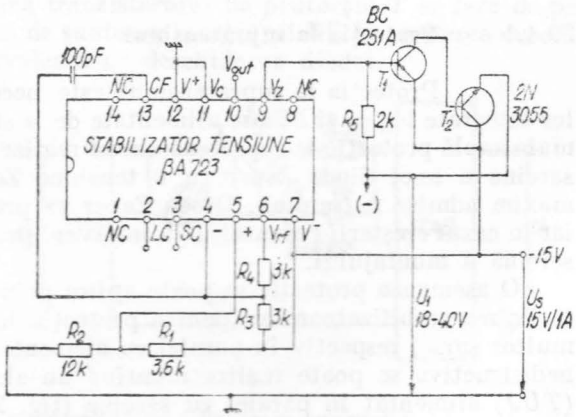


Fig. 228. Stabilizator de tensiuni negative realizat cu βA 723.

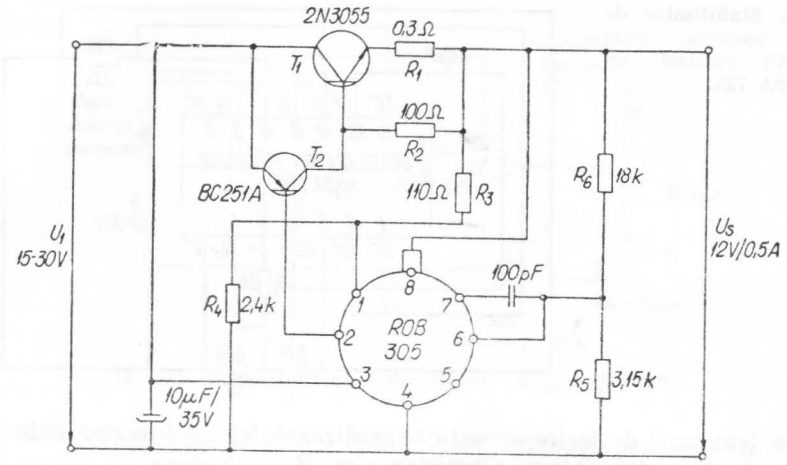


Fig. 229. Stabilizator de tensiune pozitivă realizat cu ROB 305.

O sursă de putere medie realizată cu un circuit integrat liniar stabilizator de tensiune pozitivă ROB 305 este dată în fig. 229.

Stabilizatorul cuprinde tensiunea de referință și amplificatorul de eroare. Elementul de reglare serie a tensiunii stabilizate este un tranzistor de putere de tip 2 N 3055.

29.4 Protecția surselor de tensiune stabilizată

Utilizarea unor elemente fuzibile sau întrerupătoare electromagnetice este ineficace în cazul scurtcircuitelor, avînd în vedere rapiditatea cu care se distrug joncțiunile la supratensiuni și suprasarcini. În acest sens se impune protecția electronică a stabilizatoarelor de tensiune și a sarcinii.

29.4.1 Protecția la supratensiuni

Protecția la supratensiuni este necesară pentru protecția circuitelor integrate logice și liniare alimentate de la stabilizatoarele de tensiune. Cea mai simplă protecție la supratensiune se realizează prin montarea în paralel cu sarcina a unei diode Zener cu o tensiune Zener aflată la limita tensiunii maxim admise pe sarcină. Dioda Zener va prelua șocurile de supratensiune, iar în cazul creșterii curentului va interveni protecția la scurtcircuit sau suprasarcină a montajului.

O asemenea protecție se poate aplica prin montarea de diode antiparalel la ieșirea stabilizatoarelor (pentru protecția la interconectarea greșită a mai multor surse) respectiv în paralel cu elementele de reglare serie. O protecție nedistructivă se poate realiza montînd un element sesizor de supratensiune (*TUJ*) alimentat în paralel cu sarcina (fig. 230).

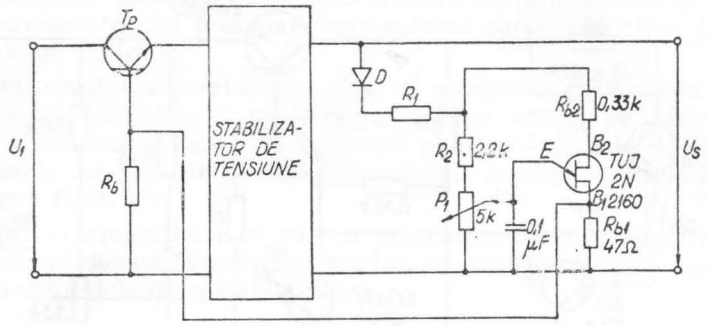


Fig. 230. Protecţia unui stabilizator la supratensiune.

La creşterea tensiunii, *TUJ*-ul se va amorsa şi va da o comandă de blocare a tranzistorului aflat în conducţie pe una dintre ramurile de alimentare ale stabilizatorului.

29.4.2 Protecţia la suprasarcini

Concepţia marii majorităţi a stabilizatoarelor cu reacţie cu elemente de reglare serie urmăreşte preluarea variaţiilor de sarcină prin creşterea puterii disipate pe elementul de reglare serie. În cazul creşterii peste o limită a curentului în sarcină (în particular un scurtcircuit pe sarcină) elementul regulator serie se poate distruge.

Protecţia la suprasarcini se poate realiza prin limitarea curentului livrat stabilizatorului (deci scăzînd tensiunea) sau prin blocarea completă a *ERS*. Blocarea *ERS* şi revenirea la funcţionarea normală se poate face automat sau printr-o comandă exterioară. O modalitate simplă de protecţie prin limitare o oferă montarea unui circuit limitator pe braţele de alimentare ale stabilizatorului (fig. 231).

În primul caz (*a*) polarizarea tranzistorului de protecţie *T* se face de pe braţul opus, limitarea fiind dată de şuntarea joncţiunii BE la creşterea curentului prin emitor, ceea ce echivalează cu deschiderea diodei.

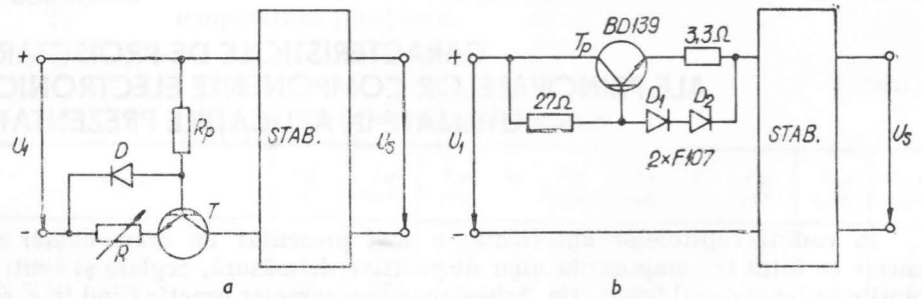


Fig. 231. Protecţia la suprasarcină prin limitarea curentului.

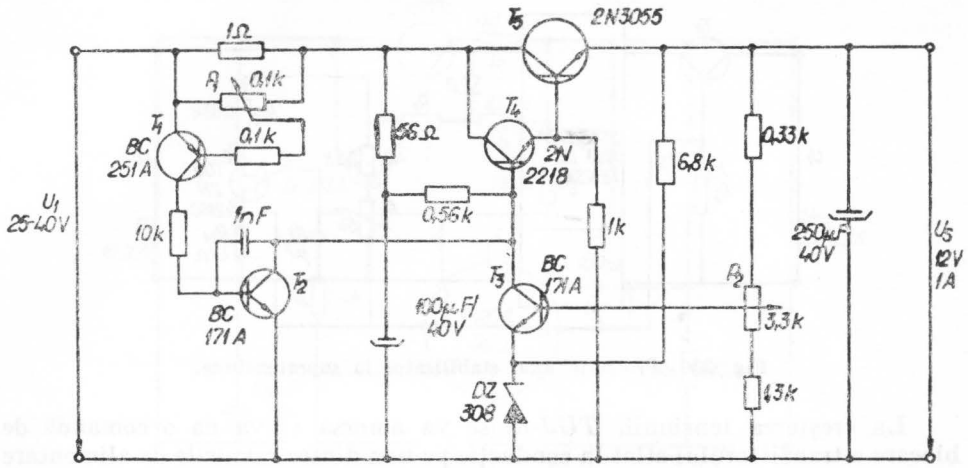


Fig. 232. Protecţia la suprasarcină prin comanda elementului de reglare serie.

În cel de-al doilea caz (*b*) polarizarea bazei se face de pe acelaşi braţ, limitarea făcîndu-se în modul descris anterior.

Protecţia se poate realiza şi prin blocarea *ERS* cu un circuit de comandă format din două tranzistoare (fig. 232).

Comanda circuitului de protecţie se realizează la creşterea curentului prin sarcină, cînd T_1 se deblochează şi comandă T_2. Acest ultim tranzistor absoarbe o parte din curentul furnizat de *AE* şi astfel limitează curentul ce trece prin ERS. Revenirea la starea normală, după înlăturarea scurtului sau a suprasarcinii, este automată.

CAPITOLUL 30

CARACTERISTICILE DE PROIECTARE ALE PRINCIPALELOR COMPONENTE ELECTRONICE UTILIZATE ÎN APLICAŢIILE PREZENTATE

În cadrul capitolelor anterioare, a fost prezentat un mare număr de scheme ce intră în componenţa unor dispozitive de măsură, reglare şi control folosite în laboratorul fotografic. Schemele au un caracter practic fiind în general indicate piesele componente utilizate la realizarea lor.

Reproducerea acestor scheme, dezvoltarea lor funcţională şi îmbunătăţirea performanţelor lor presupune cunoaşterea caracteristicilor de bază ale componentelor utilizate.

În acest capitol se prezintă, pe clase de componente, sub formă tabelată, principalele caracteristici de proiectare. Se pune accent pe valorile limită absolute şi parametrii care caracterizează punctele normale de funcţionare. Pentru piesele componente de fabricaţie străină se indică piesele echivalente de fabricaţie RSR.

În cazul componentelor ce au fost prezentate cu toate detaliile caracteristicilor de bază pe parcursul materialului, ele vor fi catalogate numai cu trimiterile la capitolele în care sînt tratate.

30.1 Diode. Punţi redresoare

Notaţiile din tabele, reprezentînd valori limită absolute şi caracteristicile electrice de bază, au următoarea semnificaţie:

V_R — tensiunea inversă;
I_R — curentul invers;
C_{tot} — capacitatea totală;
t_r — timpul de creştere;
P_{tot} — puterea disipată maximă;
V_F — tensiunea directă;
I_F — curentul direct;
L_s — inductanţa serie;
t_{rr} — timpul de revenire invers;
I_{FM} — curentul direct maxim;
I_{FRM} — curentul maxim repetitiv;
I_0 — curentul mediu redresat;
I_{FSM} — curentul maxim direct accidental;
V_{RM} — tensiunea inversă maximă;
V_{RRM} — tensiunea inversă repetitivă maximă;
V_{RSM} — tensiune inversă maximă accidentală;
I_{FAV} — curentul mediu în sens direct (diode de comutaţie cu germaniu);
I_d — curentul mediu redresat în sarcină (punţi redresoare);
V_d — tensiunea medie redresată (punţi redresoare);
V_{ef} — tensiunea efectivă redresată (punţi redresoare);
V_a — tensiunea de alimentare admisibilă a punţii redresoare;
r_f — rezistenţa diodei în conducţie;
R_{th} — rezistenţa termică a joncţiunii;
T_j — temperatura joncţiunii.

Tabelul 18

Diode cu siliciu de comutaţie

Tipul	V_R (V)	I_F (mA)	V_F (V)	la I_F (mA)	I_R (nA)	la V_R (V)	C_{tot} (pF)	t_{rr} (ns)
1N 4148	75	200	1	10	25	20	4	4
1N 4149	75	200	1	10	25	20	2	4
1N 4154	25	200	1	30	100	25	4	2
1N 4448	75	200	1	100	25	20	4	4

Tabelul 19

Diode cu siliciu pentru comutare

Tipul	V_R (V)	I_F (60°C) (mA)	V_F (V)	la I_F (mA)	I_R (nA)	la V_R (V)	L_s (nH)	C_{tot} (pF)	r_f (I_F= 10 mA) (Ω)
BA 243	20	100	1	100	100	15	2,5	2	1
BA 244	20	100	1	100	100	15	2,5	2	0,5

Tabelul 20

Diode cu siliciu de uz general

Tipul	V_R (V)	I_F (mA)	P_{tot} (mW)	V_F (V)	la I_F (mA)	I_R (nA)	la V_R (V)	R_{th} (°C/mW)
BA 170	20	150	300	1	80	50	10	0,41
BA 171	30	150	300	1	80	50	15	0,41
BA 172	50	150	300	1	80	50	25	0,41

Tabelul 21

Diode varicap cu siliciu

Tipul	V_R (V)	C_{tot} (pF)	la V_{R1} (V)	C_{tot} (pF)	la V_{R2} (V)	I_R (nA)	la V_R (V)
BB 125	30	2 – 3	25	12	3	100	28
BB 126	30	2 – 3	25	11	3	100	28
BB 139	30	4,3 – 6	25	29	3	100	28

Tabelul 22

Diode redresoare cu siliciu

Tipul	I_F (A)	I_0 (A)	V_{RRM} (V)	I_{FRM} (A)	I_{FSM} (A)	V_F (V)	la I_F (A)	I_R (μA)	la V_{RRM} (V)	t_{rr} (ns)
BA 157	0,5	0,4	400	2	15	1,5	0,4	5	400	300
BA 158	0,5	0,4	600	2	15	1,5	0,4	5	600	300
BA 159	0,5	0,4	1000	2	15	1,5	0,4	5	1000	300
F 057	1	0,75	50	4	30	1	0,75	50	50	–
F 087	1	0,75	80	4	30	1	0,75	50	80	–
F 107	1	0,75	100	4	30	1	0,75	50	100	–
F 207	1	0,75	400	4	30	1	0,75	50	400	–
F 307	1	0,75	600	4	30	1	0,75	50	600	–
F 407	1	0,75	800	4	30	1	0,75	50	800	–
1N 4001	1,15	1	50	10	30	1,1	1	50	50	–
1N 4002	1,15	1	100	10	30	1,1	1	50	100	–
1N 4003	1,15	1	200	10	30	1,1	1	50	200	–
1N 4004	1,15	1	400	10	30	1,1	1	50	400	–
1N 4005	1,15	1	600	10	30	1,1	1	50	600	–
1N 4006	1,15	1	800	10	30	1,1	1	50	800	–
1N 4007	1,15	1	1000	10	30	1,1	1	50	1000	–

Tabelul 23

Diode de semnal şi comutaţie cu germaniu

Tipul	V_{RM} (V)	I_{FAV} (mA)	V_F (V)	I_F (mA)	t_{rr} (ns)
EFD 103	30	20	1	5	–
EFD 105	30	20	1	5	160
EFD 106	25	20	1	5	–
EFD 107	15	20	1	5	–
EFD 108	100	20	1	5	–
EFD 109	100	20	1	5	–
EFD 110	35	20	1	5	–
EFD 115	45	20	1	5	–

Tabelul 24

Punţi redresoare monofazate

Tipul	$V_{RM} = V_{RRM}$ (V)	V_{RSM} (V)	I_d (A)	I_{FRM} (A)	I_{FSM} (A)	V_d (V)	V_{ef} (V)	V_a (V)
1PM 05	50	100	1,2	4	30	30	35	35
1PM 1	100	200	1,2	4	30	60	70	70
1PM 2	200	300	1,2	4	30	120	140	140
1PM 4	400	500	1,2	4	30	240	280	280
1PM 6	600	700	1,2	4	30	360	420	420
1PM 8	800	900	1,2	4	30	480	560	560
3PM 05	50	100	3,2	6,5	70	30	35	35
3PM 1	100	200	3,2	6,5	70	60	70	70
3PM 2	200	300	3,2	6,5	70	120	140	140
3PM 4	400	500	3,2	6,5	70	240	280	280
3PM 6	600	700	3,2	6,5	70	360	420	420
3PM 8	800	900	3,2	6,5	70	480	560	560

Din componentele neprezentate în tabele se precizează următoarele echivalenţe de diode: D 9 B cu EFD 103, D 14 cu EFD 108, D 226 B cu F 207, BAY 41 cu 1 N 4148, BAY 44 cu F 057.

30.2 Diode Zener (stabilizatoare de tensiune)

Notaţiile din tabele au următoarea semnificaţie:

$V_{Z\,min}$, $V_{Z\,nom}$, $V_{Z\,max}$ — tensiunea Zener de valoare minimă, nominală şi maximă;

r_{ZT} — rezistenţa dinamică a diodei Zener;
I_{ZT} — curentul Zener;
I_{ZM} — curentul Zener maxim;

I_{ZSM} — curentul Zener maxim accidental;
I_R — curentul invers;
V_R — tensiunea inversă;
α_{VZT} — coeficientul de temperatură al tensiunii Zener.

Tabelul 25

Diode stabilizatoare de tensiune 0,4 W

Tipul	$V_{Z\,min}$ (V)	$V_{Z\,nom}$ (V)	$V_{Z\,max}$ (V)	r_{ZT} la I_{ZT}= 5 mA (Ω)	α_{VZT} la I_{ZT}= 5 mA (10^{-4}/°C)
DZ 1	0,7	0,75	0,8	8	−26 ... 0
DZ 2V7	2,5	2,7	2,9	83	−9 ... 0
DZ 3	2,8	3	3,2	95	−9 ... 0
DZ 3V3	3,1	3,3	3	95	−8 ... 0
DZ 3V6	3,4	3,6	3,8	95	−8 ... 0
DZ 3V9	3,7	3,9	4,1	95	−7 ... 0
DZ 4V3	4	4,3	4,6	95	−6 ... 0
DZ 4V7	4,4	4,7	5	78	−5 ... 2
DZ 5V1	4,8	5,1	5,4	60	−3 ... 4
DZ 5V6	5,2	5,6	6	40	−2 ... 6
DZ 6V2	5,8	6,2	6,6	10	−1 ... 7
DZ 6V8	6,4	6,8	7,2	8	0 ... 7
DZ 7V5	7	7,5	7,9	7	0 ... 7
DZ 8V2	7,7	8,2	8,7	7	0 ... 7
DZ 9V1	8,5	9,1	9,6	10	0 ... 8
DZ 10	9,4	10	10,6	15	0 ... 8

Tabelul 26

Diode stabilizatoare de tensiune 1 W capsulă epoxy

Tipul	$V_{Z\,min}$ (V)	$V_{Z\,nom}$ (V)	$V_{Z\,max}$ (V)	I_{ZT} (mA)	r_{ZT} (Ω)	α_{VZT} (10^{-4}/°C)	I_R (μA)	la V_R (V)	I_{ZM} (mA)
PL 3V3 Z	3,1	3,3	3,5	100	10	−6	—	—	285
PL 3V6 Z	3,4	3,6	3,8	100	10	−5,5	—	—	260
PL 4V3 Z	3,7	3,9	4,1	100	7	−5	—	—	240
PL 3V9 Z	4	4,3	4,6	100	7	−4	—	—	215
PL 4V7 Z	4,4	4,7	5	100	7	−2	—	—	200
PL 5V1 Z	4,8	5,1	5,4	100	5	1	—	—	185
PL 5V6 Z	5,2	5,6	6	100	2	2,5	—	—	165
PL 6V2 Z	5,8	6,2	6,6	100	2	3,2	—	—	150
PL 6V8 Z	6,4	6,8	7,2	100	2	4	1	2	140
PL 7V5 Z	7	7,5	7,9	100	2	4,5	1	2	130
PL 8V2 Z	7,7	8,2	8,7	100	2	4,8	1	3,5	110
PL 9V1 Z	8,5	9,1	9,6	50	4	5,1	1	3,5	100
PL 10Z	9,4	10	10,6	50	4	5,5	1	5	94
PL 11Z	10,4	11	11,6	50	7	6	1	5	86
PL 12Z	11,4	12	12,7	50	7	6,5	1	7	79
PL 13Z	12,4	13	14,1	50	10	6,5	1	7	71
PL 15Z	13,8	15	15,6	50	10	7	1	10	64
PL 20Z	18,8	20	21,2	25	15	7,5	1	10	47
PL 22Z	20,8	22	23,3	25	15	8	1	12	43
PL 30Z	28	30	32	25	15	8,5	1	14	31

Tabelul 27

Diode stabilizatoare de tensiune 1 W capsulă metal

Tipul	$V_{Z\,nom}$ (V)	I_{ZT} (mA)	r_{ZT} (Ω)	I_R la (μA)	V_R (V)	α_{VZT} (10^{-4}/°C)	I_{ZM} (mA)	I_{ZSM} (mA)
1N 3016B	6,8	37	3,5	150	5	2 ... 6	140	740
1N 3018B	8,2	31	4,5	50	6,5	3,5 ... 7,5	110	600
1N 3020B	10	25	7	25	7,5	4 ... 8	94	480
1N 3022B	12	21	9	5	9	4 ... 9	79	400
1N 3026B	18	14	20	5	14	5 ... 9	52	260
1N 3029B	24	10,5	25	5	18	5 ... 9	39	200
1N 3032B	33	9,5	35	5	25	5 ... 9	29	150
1N 3040B	68	3,7	150	5	52	9 ... 10	14	70
1N 3051B	200	1,2	1500	5	152	10 ... 11	4,7	23

30.3 Tiristoare. Triacuri

Notaţiile din tabele au următoarele semnificaţii:

V_{RRM} — tensiunea inversă maximă repetitivă;
I_{T0} — curentul mediu redresat;
I_{TRM} — curentul de vîrf direct repetitiv;
I_{TSM} — curentul direct de sarcină accidental;
$P_{G\,max}$ — puterea maximă disipată pe poartă;
V_{GT} — tensiunea de amorsare pe poartă;
I_{GT} — curentul de amorsare pe poartă;
t_{on} — timpul de intrare în conducţie;
t_q — timpul de dezamorsare;
dV/dt — viteza de creştere a tensiunii în stare de blocare;
dI/dt — viteza de creştere a curentului în stare de conducţie.

Tabelul 28

Tiristoare de mică şi medie putere

Tipul	V_{RRM} (V)	I_{T0} (A)	I_{TRM} (A)	$P_{G\,max}$ (W)	V_{GT} (V)	I_{GT} (mA)	t_{on} (μs)	t_q (μs)	dV/dt (V/μs)	dI/dt (A/μs)
T 1N05	50	1	3	0,1	3	10	2,5	50	50	10
T 1N1	100	1	3	0,1	3	10	2,5	50	50	10
T 1N2	200	1	3	0,1	3	10	2,5	50	50	10
T 1N3	300	1	3	0,1	3	10	2,5	50	50	10
T 1N4	400	1	3	0,1	3	10	2,5	50	50	10
T 1N5	500	1	3	0,1	3	10	2,5	50	50	10
T 3N05	50	3	10	0,5	3	40	2,5	50	50	20
T 3N1	100	3	10	0,5	3	40	2,5	50	50	20
T 3N2	200	3	10	0,5	3	40	2,5	50	50	20
T 3N3	300	3	10	0,5	3	40	2,5	50	50	20
T 3N4	400	3	10	0,5	3	40	2,5	50	50	20
T 3N5	500	3	10	0,5	3	40	2,5	50	50	20
T 3N8	800	3	10	0,5	3	40	2,5	50	50	20
Unghiul de conducţie al tiristorului $\alpha = 180°$										
T 08N60	60	0,5	3	–	1	10	2	40	120	7
T 08N500	500	0,5	3	–	1	10	2	40	120	7

Tabelul 29

Triacuri de putere

Tipul	V_{RRM} (V)	I_{T0} (A)	I_{TRM} (A)	$P_{G\,max}$ (W)	V_{GT} (V)	I_{GT} (mA)	dV/dt (V/μs)	dI/dt (A/μs)
BTW 43-600	600	5,5	50	10	2,5	100	50	50
BTW 43-800	800	5,5	50	10	2,5	100	50	50
BTW 43-1000	1000	5,5	50	10	2,5	100	50	50
BTX 94-400	400	5	25	5	—	—	100	50
BTX 94-1200	1200	5	25	5	—	—	100	50

Din componentele neprezentate în tabele, tiristorul BSt C0733 este echivalent cu T 08N500.

30.4 Tranzistoare

Notațiile din tabelele de prezentare a valorilor absolute și a caracteristicilor electrice ale tranzistoarelor au următoarele semnificații:

U_{CE0} — tensiunea maximă colector-emitor cu baza în gol;
U_{CB0} — tensiunea maximă colector-bază cu emitorul în gol;
U_{BE0} — tensiunea maximă bază-emitor cu colectorul în gol;
I_C — curentul de colector;
P_{tot} — puterea totală disipată;
U_{CEsat} — tensiunea de saturație colector-emitor;
h_{21E} — valoarea statică a amplificării în curent, în montaj EC;
h_{21e} — valoarea dinamică a amplificării în curent, în montaj EC;
f — frecvența de lucru;

Tabelul 30

Tranzistoare cu siliciu, NPN, de joasă frecvență și mică putere

Tipul	U_{CE0} (V)	U_{EB0} (V)	I_C (mA)	P_{tot} (mW)	U_{CEsat} (V)	la I_C (mA)	h_{21e}	la I_C (mA)	și U_{CE} (V)	f_T(I_C=10 mA) (mHz)
BC 107	45	6	100	300	0,6	100	125 – 500	2	5	300
BC 108	20	5	100	300	0,6	100	125 – 900	2	5	300
BC 109	20	5	100	300	0,6	100	240 – 900	2	5	300
BC 170	20	5	100	300	0,4	100	30 – 800	1	1	100
BC 171	45	6	100	300	0,6	100	125 – 900	2	5	300
BC 172	25	5	100	300	0,6	100	125 – 900	2	1	300
BC 173	25	5	100	300	0,6	100	240 – 900	2	5	300
BC 174	64	5	100	300	0,6	100	125 – 500	2	5	300
BC 237	45	6	100	300	0,6	100	125 – 500	2	5	300
BC 238	25	5	100	300	0,6	100	125 – 900	2	5	300
BC 239	25	5	100	300	0,6	100	240 – 900	2	5	300
BC 337	45	5	800	625	0,7	500	100 – 630	100	1	100
BC 338	25	5	800	625	0,7	500	100 – 630	100	1	100
2N 930	45	5	30	300	1	10	100 – 300	0,01	5	30

f_T — frecvența de tranziție;
F — factorul de zgomot;
I_{CB0} — curentul rezidual de colector;
T_j — temperatura joncțiunii;
R_{th}, R_{thj-c} — rezistența termică joncțiune-mediu ambiant;
R_{thj-c} — rezistența termică capsulă-joncțiune.

Tabelul 31

Tranzistoare cu siliciu, PNP, de joasă frecvență și mică putere

Tipul	U_{CE0} (V)	U_{EB0} (V)	I_C (mA)	P_{tot} (mW)	U_{CEsat}/I_C (V) (mA)		$h_{21e}(h_{21E})/I_C$ (mA) și	U_{CE} (V)	$f_T(I_C=10$ mA) (MHz)
BC 177	45	5	100	300	0,95	100	75 – 260	2	5	200
BC 178	25	5	100	300	0,95	100	75 – 500	2	5	200
BC 179	20	5	100	300	0,95	100	125 – 500	2	5	200
BC 250	20	5	100	300	0,3	10	35 – 600	1	1	180
BC 251	45	5	100	300	0,3	10	125 – 900	2	5	200
BC 252	25	5	100	300	0,3	10	125 – 900	2	5	200
BC 253	25	5	100	300	0,3	10	125 – 900	2	5	200
BC 256	64	5	100	300	0,3	10	125 – 500	2	5	200
BC 327	45	5	800	625	0,7	500	100 – 630	100	1	100
BC 328	25	5	800	625	0,7	500	100 – 630	100	1	100

Tabelul 32

Tranzistoare cu siliciu de joasă frecvență și medie putere

Tipul	U_{CE0} (V)	U_{EB0} (V)	I_C (A)	P_{tot} (W)	U_{CEsat}/I_C (V) (mA)		f_T/I_C (MHz)(mA)		I_{CB0}/U_{CE} (nA) (V)		h_{21E}/I_C (mA)	
BD 135 (NPN)	45	5	1	6,5	0,6	500	50	50	100	30	40 – 250	150
BD 137 (NPN)	60	5	1	6,5	0,6	500	50	50	100	30	40 – 160	150
BD 139 (NPN)	80	5	1	6,5	0,6	500	50	50	100	30	40 – 160	150
BD 136 (PNP)	−45	−5	1	6,5	−0,6	500	50	50	100	−30	40 – 250	150
BD 138 (PNP)	−60	−5	1	6,5	−0,6	500	50	50	100	−30	40 – 160	150
BD 140 (PNP)	−80	−5	1	6,5	−0,6	500	50	50	100	−30	40 – 160	150

Tabelul 33

Tranzistoare cu siliciu de joasă frecvență, de putere

Tipul	U_{CE0} (V)	U_{EB0} (V)	I_C (A)	P_{tot} (W)	R_{thj-c} (°C/W)	U_{CEsat}/I_C (V)	(A)	h_{21E}/I_C (A)		f_T (MHz)
BD 233 (NPN)	45	5	2	25	5	0,6	1	25	1	3
BD 235 (NPN)	60	5	2	25	5	0,6	1	25	1	3
BD 237 (NPN)	80	5	2	25	5	0,6	1	25	1	3
2N 3055 (NPN)	60	7	15	117	1,5	1,1	4	20 – 70	4	0,8
N 5490 (NPN)	40	5	7	50	2,5	1	3,5	20 – 100	2	0,8
BD 234 (PNP)	−45	−5	2	25	5	−0,6	1	25	1	3
BD 236 (PNP)	−60	−5	2	25	5	−0,6	1	25	1	3
BD 238 (PNP)	−80	−5	2	25	5	−0,6	1	25	1	3

Tabelul 34

Tranzistoare cu siliciu de comutaţie rapidă

Tipul	U_{CB0} (V)	U_{CE0} (V)	U_{EB0} (V)	I_C (A)	P_{tot} (W)	U_{CEsat}/I_C (V) (A)	$h_{21E}/I_C/U_{ET}$ (mA) (V)	f_T (MHz)	t_{on} (ns)	t_{off} (ns)
2N 2218 (NPN)	60	30	5	0,8	0,8	1,6	0,5	35 10 10	250	35	285
2N 2220 (NPN)	60	30	5	0,8	0,5	1,6	0,5	17 10 10	200	—	—
2N 2221A (NPN)	75	40	6	0,8	0,5	1	0,5	35 10 10	250	35	285
2N 2222A (NPN)	75	40	6	0,8	0,5	1	0,5	75 10 10	300	35	285
2N 2906A (PNP)	60	60	5	0,6	0,4	1,6	0,5	35 10 10	200	50	110
2N 2907 (PNP)	60	40	5	0,6	0,4	1,6	0,5	75 10 10	200	—	—
2N 2907A (PNP)	60	60	5	0,6	0,4	1,6	0,5	75 10 10	200	50	110

Tabelul 35

Tranzistoare cu germaniu de mică putere şi joasă frecvenţă

Tipul	U_{CB0} (V)	U_{CE0} (V)	U_{EB0} (V)	I_C (mA)	P_{tot} (mW)	h_{21E} la	I_C (mA)	f_T (MHz)
AC 180 (PNP)	32	16	10	1500	300	35 – 400	600	2,5
AC 180K (PNP)	32	16	10	1500	750	35 – 400	600	2,5
EFT 312 (PNP)	18	20	9	250	200	35 – 65	100	1,6
EFT 322 (PNP)	24	20	12	250	200	35 – 65	100	1,6
EFT 323 (PNP)	24	20	12	250	200	55 – 200	100	2
EFT 332 (PNP)	32	12	20	250	200	35 – 65	100	1,6
EFT 333 (PNP)	32	12	20	250	200	55 – 200	100	2
EFT 342 (PNP)	48	20	20	250	200	35 – 65	100	1,6
AC 181 (NPN)	32	20	10	1000	300	35 – 400	600	4,5
AC 181K (NPN)	32	20	10	1000	750	35 – 400	600	4,5
EFT 373 (NPN)	12	20	9	300	250	55 – 155	100	3,5
EFT 377 (NPN)	32	16	10	600	250	50 – 250	100	1

Tabelul 36

Tranzistoare cu germaniu de putere şi joasă frecvenţă, PNP

Tipul	U_{CB0} (V)	U_{CE0} (V)	I_C (A)	P_{tot} (W)	$U_{CE\,sat}$ (V)	la I_C (A)	f_T (MHz)	R_{thj-a} (°C/W)
AD 152	45	23	1,5	6	0,5	1,5	0,9	8
AD 155	25	15	1,5	6	0,5	1,5	0,8	8
AD 130	32	30	3	30	0,4	3	0,25	1,5
AD 131	45	45	3	30	0,4	3	0,25	1,5
AD 132	80	60	3	30	0,4	3	0,25	1,5
ASZ 15	100	60	10	45	0,4	10	0,2	1,5
ASZ 16	60	32	10	45	0,4	10	0,25	1,5
ASZ 17	60	32	20	45	0,4	10	0,22	1,5
ASZ 18	100	60	10	45	0,4	10	0,22	1,5
EFT 212	30	—	3	30	—	—	0,2	1,5
EFT 214	60	40	3	30	0,4	3	0,2	2
EFT 250	70	60	3	30	0,4	3	0,2	2

Tabelul 37

Tranzistoare cu germaniu de mică putere şi înaltă frecvenţă, PNP

Tipul	U_{CB0} (V)	U_{CE0} (V)	U_{EB0} (V)	I_C (mA)	P_{tot} (mW)	h_{21e} la I_C (mA)		f_T (MHz)
EFT 306	15	15	9	100	150	15–70	1	2,5
EFT 307	15	15	9	100	150	25–120	1	2,7
EFT 308	15	15	9	100	150	40–160	1	10,5

Din componentele neprezentate în tabele se precizează următoarele echivalenţe: AC 151 cu EFT 333, AC 152 cu EFT 333, AC 153 cu AC 180, BCY 78 cu BC 251, SFT 123 cu AC 180, GS 112 D cu EFT 308.

Pentru tranzistoarele unijoncţiune (*TUJ*) valorile absolute şi caracteristicile electrice au următoarele semnificaţii:

I_E — curentul de emitor;
I_{EMS} — curentul de emitor maxim de suprasarcină;
I_p — curentul de emitor de vîrf;
I_v — curentul de emitor de vale;
U_{EB1} — tensiunea inversă emitor-bază;
U_{B2B1} — tensiunea interbază;
η_{min}, η_{max} — raportul intrinsec minim şi maxim;
I_{EB0} — curent rezidual emitor-bază;
U_{EB1sat} — tensiunea de emitor de saturaţie;
U_{0B1} — tensiunea de impuls de vîrf a bazei B_1;
$R_{B1B2min}$, $R_{B1B2max}$ — rezistenţa interbază minimă şi maximă.

Tabelul 38

Tranzistoare unijoncţiune cu siliciu (TUJ)

Tipul	P_{tot} (mW)	I_E (mA)	I_{EMS} (A)	U_{EB_1} (V)	$U_{B_2B_1}$ (V)	$\eta_{min,\ max}$		$R_{B_1B_2min,\ max}$ (kΩ)		I_{EB0} (μA)	I_p (μA)	I_v (mA)	U_{EB_1} sat (V)
2N 1671A	450	50	2	30	35	0,47	0,62	4,7	9,1	12	25	8	5
2N 1671B	450	50	2	30	35	0,47	0,62	4,7	9,1	0,2	6	8	5
2N 1671C	450	50	2	30	35	0,47	0,62	4,7	9,1	0,02	2	8	5
2N 2160	450	50	2	30	35	0,47	0,8	4	12	12	25	8	5
2N 2646	300	50	2	30	30	0,56	0,75	4,7	9,1	15	5	4	5
2N 2647	300	50	2	30	30	0,68	0,82	4,7	9,1	0,2	2	8	5

Pentru tranzistoarele MOS simple cu canal *p* sau canal *n* respectiv pentru tranzistoarele MOS duble, valorile absolute şi caracteristicile notificate în tabele au următoarele semnificaţii:

V_{DS} (V_{DSS}) — tensiunea drenă-sursă (de străpungere);
V_{GS} (V_{GSS}) — tensiunea poartă-sursă (de străpungere);
V_{Gsub} — tensiunea poartă-substrat;

I_D — curentul de drenă;
P_{di} — puterea dispată intern;
V_T — tensiunea de prag;
I_{DSS} — curentul de pierdere drenă-sursă;
I_{GSS} — curentul de pierdere al porții;
r_{DSon} — rezistența drenă-sursă în stare de conducție;
C_{is} — capacitatea de intrare;
ΔV_T — diferența tensiunilor de prag;
ΔV_{GS} — diferența tensiunilor poartă—sursă;
Δr_{DSon} — diferența rezistențelor drenă-sursă în stare de conducție;
$CMMR$ — factor de rejecție de mod comun.

Tabelul 39

Tranzistoare MOS

Tipul	V_{DS} (V)	V_{GS} (V)	V_{Gsub} (V)	I_D (mA)	P_{di} (mW)	V_T (V)	I_{DSS} (nA)	I_{GSS} (nA)	r_{Dson} (Ω)	C_{is} (pF)
ROS 01 (p)	−30	−40 ... +0,6	−40 ... +0,3	30	200	4	1	0,05	100	10
ROS 02 (n)	+30	–	−40 ... +40	30	200	–	–	0,01	–	5
ROS 104 (p)	−25	−25 ... +0,6	−25 ... +0,3	30	200	3,5	1	0,1	250	9

Tabelul 40

Tranzistoare MOS dublu, cu canal *p*

Tipul	Caracteristicile electrice	ΔV_T (mV)	ΔV_{GS} (mV)	Δr_{Dson} (Ω)	$CMMR$ (dB)
ROS 05	identice cu ROS 01	100	200	50	50
Ros 05A	identice cu ROS 01	50	100	10	60
ROS 05B	identice cu ROS 01	100	200	50	60
ROS 05C	identice cu ROS 01	200	300	75	50
ROS 05D	identice cu ROS 01	500	500	75	40

30.5 Dispozitive optoelectronice

Pe parcurs au fost prezentate caracteristicile electrice și valorile absolute ale următoarelor elemente:

— Fotorezistența B8 731.03 în cap. IV.1.

— Fotodiodele cu germaniu DF1, DF2, DF3 în cap. IV.2.1.

— Fotodiodele cu siliciu ROL 21, ROL 22 echivalente cu ROL 021 (capsulă de plastic) în cap. IV.2.2.

— Fototranzistoarele cu siliciu NPN ROL 31, ROL 32 echivalente cu ROL 031 (capsulă de plastic) în cap. IV.3.

— Fotocelula voltaică cu siliciu ROL 11 echivalentă cu ROL 011 (capsulă de plastic) în cap. IV.5.1.

— Fototiristorul BPX 66P în cap. IV.4.

Notaţiile celulei fotovoltaice BPW 21, echivalentă cu BPW 21M, sînt cele folosite în cap. IV.5.1. (tab. 41).

Tabelul 41

Celula fotovoltaică (fotodiodă) BPW 21 pentru exponometrie color

I_{sc} ($E=1$klx, $R_L=0{,}1$k) (μA)	V_{oc} ($E=1$klx) (mV)	I_R ($E=0$, $U_R=5$V) (nA)	S ($E=10^{-2}$ 10^{-1}lx) (nA/lx)	λ_{max} (nm)	$\lambda_{0,5}$ (nm)	t_r (μs)	t_f (μs)
4,5 ... 7	280 ... 360	2 ... 30	4,5 ... 7	565	420 – 675	3,5	3,5

Pentru diodele electroluminescente ROL 02 (roşu), ROL 03 (roşu) ROL 05 (portocaliu), ROL 07 (galben), ROL 09 (verde) cu GaAsP (LED) notaţiile din tabele au următoarele semnificaţii:

P_d — puterea disipată;
I_F — curentul direct;
I_R — curentul invers;
V_F — tensiunea directă;
V_R — tensiunea inversă;
I_{FM} — curentul direct de suprasarcină (1 μs);
I_v — intensitatea luminoasă de emisie;
λ_{max} — lungimea de undă la intensitatea luminoasă maximă;
$\lambda_{0,5}$ — intervalul spectral;
t_r — timpul de creştere a semnalului luminos;
t_f — timpul de cădere a semnalului luminos.

Tabelul 42

Dioda electroluminescentă (LED) cu GaAsP ROL 02 (roşu)

P_d (mW)	I_F (mA)	I_{FM} (A)	I_V ($I_F=20$ mA) (mcd)	λ_{max} ($I_F=20$ mA) (nm)	$\lambda_{0,5}$ (nm)	V_F ($I_F=20$mA) (V)	V_R ($I_R=100$μA) (V)	t_r (ns)	t_f (ns)	C_j (pF)
100	50	1	0,2 – 0,6	666	20	1,6 ... 2	3	15	15	200

30.6 Circuite integrate digitale

Configuraţia terminalelor de la circuitele integrate (CI) digitale utilizate este dată în schemele din figurile indicate mai jos:

CDB 400 — Operator cvadruplu SI-NU cu două intrări (fig. 39);
CDB 404 — Inversor sextuplu (fig. 150);

CDB 406 — Inversor sextuplu de putere cu colector în gol;
CDB 408 — Operator cvadruplu SI cu 2 intrări (fig. 150);
CDB 420 — Operator dublu SI-NU cu 4 intrări (fig. 157);
CDB 430 — Operator SI-NU cu 8 intrări (fig. 150);
CDB 413 — Operator dublu trigger Schmitt cu 4 intrări (fig. 154);
CDB 473 — Circuit bistabil dublu JK (fig. 150);
CDB 442 — Decodificator BCD-zecimal (fig. 150);
CDB 490 — Numărător zecimal (fig. 150);
CDB 493 — Numărător binar de 4 biți (fig. 150);
CDB 495 — Registru de deplasare dreapta stînga de 4 biți (fig. 150);
CDB 4121 — Circuit basculant monostabil (fig. 118).

Notațiile din tabelele de prezentare au următoarele semnificații:

V_{cc} — tensiunea de alimentare;
$V_{IH\ min}$ — tensiunea de intrare minimă permisă în starea de sus;
$V_{OI\ max}$ — tensiunea de ieșire maximă garantată în starea de jos;
$V_{IL\ max}$ — tensiunea de intrare maximă permisă în starea de jos;
$V_{OH\ min}$ — tensiunea de ieșire minimă garantată în starea de sus;
V_{IL} — tensiunea de intrare inversă maximă;
I_{OS} — curentul de ieșire la scurtcircuit;
I_{IH} — curentul de intrare maxim la 5,5 V;
FOL — fan-out în starea jos;
FOH — fan-ot în starea sus;
FI — fan-in;
V_T^+ — tensiunea pragului superior;
V_T^- — tensiunea pragului inferior;
f — frecvența maximă a impulsurilor la intrare, tact sau deplasare;
T — durata impulsului minim de la intrare;
t_{pLH} — durata tranziției jos-sus a semnalului de ieșire;
t_{pHL} — durata tranziției sus-jos a semnalului de ieșire.

Tabelul 43

Operatori logici

Tipul	V_{cc} (V)	V_{IH} min (V)	V_{OL} max (V)	V_{IL} max (V)	V_{OH} min (V)	V_{IL} inv (V)	I_{IH} (mA)	I_{OS} (mA)	FOL —	FOH —	FI —	t_{pLH} (ns)	t_{pHL} (ns)	I_{ccL} (mA)	I_{ccH} (mA)
CDB 400	5	3	0,4	0,8	2,4	−1	1	30	10	20	1	11	7	12	4
CDB 404	5	2	0,4	0,8	2,4	−1	1	30	10	20	1	12	8	18	6
CDB 406	5	2	0,7	0,8	—	−1	1	—	—	—	—	13	17	27	30
CDB 408	5	2	0,4	0,8	2,4	−1	1	30	10	20	1	17	12	18	10
CDB 420	5	2	0,4	0,8	2,4	−1	1	30	10	20	1	12	8	6	2
CDB 430	5	2	0,4	0,2	2,4	−1	1	30	10	20	1	13	8	17	4

Tabelul 44

Trigger Schmitt. Circuite basculante. Numărătoare. Decodificator. Registru.

Tipul	V_{cc} (V)	V_{TA}^{+} (V)	V_{TA}^{-} (V)	V_{TB}^{+} (V)	V_{TB}^{-} (V)	I_{CS} (mA)	I_{cc} (mA)	V_{IL} inv	t_{pLH} (ns)	t_{pHL} (ns)	f (MHz)	T (ns)
CDB 413	5	1,4	1,1	–	–	35	20	–	18	15	–	–
CDB4121	5	1,4	1,4	1,55	1,35	30	23	−1,8	45	50	–	50
CDB 473	5	–	–	–	–	30	20	−1	25	40	15	50
CDB 490	5	–	–	–	–	35	32	−1	60	60	10	50
CDB 493	5	–	–	–	–	35	32	−1	75	75	10	50
CDB 442	5	–	–	–	–	35	28	−0,8	17	22	–	50
CDB 495	5	–	–	–	–	35	50	−1	35	35	20	50

30.7 Circuite integrate liniare

Configuraţia terminalelor de la circuitele integrate liniare utilizate este dată în schemele din figurile indicate mai jos:

βA 741 — Amplificator operaţional compensat în frecvenţă (fig. 142);
μA 709 — Amplificator operaţional necompensat (fig. 150 şi fig. 181).
βE 565 — Circuit PLL cu reacţie negativă de fază (fig. 40).
βA 723 — Regulator de tensiune de precizie (fig. 226).
CLB 2711 C — Dublu comparator de tensiune (fig. 40).
βE 555 — Timer-monostabil (fig. 44 şi fig. 119).
ROB 305 — Stabilizator de tensiune pozitivă (fig. 229).

Notaţiile din tabelele de prezentare a amplificatoarelor operaţionale μA709, βA 741 şi a comparatorului CLB 2711 au următoarele semnificaţii:

$\pm V_{cc}$ — tensiunile de alimentare;
V_I — tensiunea de intrare;
V_{OUT}^{+} — nivelul de ieşire pozitiv;
P_d — puterea disipată;
A — amplificarea de tensiune;
V_{OUT}^{-} — nivelul de ieşire negativ;
V_{DI} — tensiunea diferenţială de intrare;
V_{Ioff} — tensiunea de decalaj de intrare;
I_{Ioff} — curentul de decalaj de intrare;
I_{IN} — curentul de polarizare la intrare;
$CMMR$ — factorul de rejecţie de mod comun;
T_s — durata scurtcircuitului de la ieşire.

Tabelul 45

Amplificatoare operaționale μA 709, βA 741. Comparator de tensiune CLB 2711

Tipul	V_{cc} (V)	P (mW)	V_I (V)	V_{DI} (V)	V_{Ioff} (mV)	I_{Ioff} (μA)	I_{IN} (μA)	V^+_{OUT} (V)	V^-_{OUT} (V)	$A(R_L \geq 2k$ $V_{cc} = \pm 10V)$	$CMMR$ (dB)	T_r (s)
μA 709	±18	300	±10	±5	6	0,02	0,5	–	–	$45 \cdot 10^3$	90	5
βA 741	±22	500	±15	±30	5	0,2	0,5	–	–	$200 \cdot 10^3$	90	–
CLB 2711	−7	300	±7	±5	5	15	100	4,5	0,5	1500	–	–

Notațiile din tabelele de prezentare ale stabilizatoarelor de tensiune μA 723 și ROB 305 au următoarele semnificații:

V^+ — tensiunea continuă aplicată pe borna de alimentare V^+;
$V-$ — tensiunea continuă aplicată pe borna de alimentare $V-$;
V_{IN} — gama tensiunilor de intrare;
V_{OUTS} — gama tensiunilor de ieșire stabilizate;
V_{DIO} — tensiunea diferențială intrare-ieșire;
I_{sc} — curentul de scurtcircuit limitat;
S_{IN} — stabilizarea în raport cu tensiunea de intrare;
S_L — stabilizarea în raport cu curentul de sarcină.

Tabelul 46

Stabilizatoare de tensiune βA 723 și ROB 305

Tipul	$V^+ V^-$ (V)	P_d (mW)	V_{IN} (V)	V_{OUTS} (V)	V_{DIO} (V)	$S_{IN}(V_{IN} = 12-40$ V) (% V_{OUT})	$S_L(I_L = 1-50$ mA) (% V_{OUT})	$I_{sc}(R_{sc} = 10\ \Omega)$ (mA)
βA 723	40	660	9,5–40	2–37	38	0,1–0,5	0,03–0,2	65
ROB 305	40	500	8,5–40	4,5–30	30	0,025–0,06	0,02–0,05	–

Notațiile din tabelul de prezentare a circuitului PLL βE 565 au următoarele semnificații;

$\pm V_{cc}$ — tensiunile de alimentare;
I_{cc} — curentul de alimentare;
Z_{IN} — impedanța de intrare (pinii *2*, *3*);
Z_{OUT} — impedanța de ieșire (pin *9*);
f_{OCT} — frecvența maximă a oscilatorului comandat în tensiune;
V_{OUT9} — tensiunea de ieșire triunghiulară (pin *9*);
V_{OUT4} — tensiunea de ieșire dreptunghiulară (pinii *4* și *5*);
k_{Tf} — coeficientul de temperatură al frecvenței;
k_{fU} — deriva frecvenței cu tensiunea de alimentare;
k_{1U} — liniaritatea ieșirii demodulate.

Tabelul 47

Circuitul PLL βE 565 discriminator cu reacție negativă de fază

V_{cc} (V)	P_d (mW)	I_{cc} (mA)	f_{OCT} (kHz)	Z_{IN} (kΩ)	Z_{OUT} (kΩ)	V_{OUT9} (V)	V_{OUT4} (V)	k_{Tf} (ppm/°C)	k_{fU}	k_{IU} (%)	t_r (ns)	t_f (ns)
±12	300	8–12	500	5	5	2,4	5,4	200	200	0,2	20	50

Notațiile din tabelul de prezentare a *CI* temporizator βE 555 au următoarele semnificații:

V_{PS} — tensiunea prag sus;
V_{PJ} — tensiunea prag jos;
I_{PS} — curentul comparatorului prag sus;
I_{PJ} — curentul comparatorului prag jos;
I_{RST} — curentul pe terminalul de aducere la zero;
V_{CT} — tensiunea pe borna de control;
V_{OUTL} — tensiunea de ieșire în starea jos;
V_{OUTH} — tensiunea de ieșire în starea sus.

Tabelul 48

Circuitul βE 555 temporizator

V_{cc} (V)	P_d (mW)	V_{PS} (V)	$V_{PJ}(V_{cc}=15\text{ V})$ (V)	$V_{PJ}(V_{cc}=5\text{ V})$ (V)	$V_{CT}(V_{cc}=15\text{ V})$ (V)	$V_{CT}(V_{cc}=5\text{V})$ (V)	I_{PSmax} (nA)	I_{PJmax} (nA)	I_{RSTmax} (nA)	$V_{OUTHmax}$ (V)
4,5–18	600	0,667	4,8–5,2	1,45–1,9	9,6–10,4	2,9–3,8	200	900	400	12,75

30.8 Rezistoare. Termistoare

Schemele dispozitivelor prezentate precizează valorile nominale ale rezistențelor fără să specifice tipul rezistorului, toleranța sau alte caracteristici. În marea majoritate a aplicațiilor sînt satisfăcătoare rezistențe cu pelicule de carbon de tip RCG (ICEP Curtea de Argeș). Sînt însă unele scheme de oscilatoare, de punți echilibrate, ce necesită o mai bună stabilitate a parametrilor la variațiile de temperatură. În aceste situații se utilizează rezistoare cu peliculă metalică de tip profesional din seria RMP 3000 (ICEP Curtea de Argeș).

Caracteristicile electrice generale și cele particulare, pe clase de rezistoare de același tip, sînt date în tabelele 49 și 50.

Tabelul 49

Rezistenţe cu peliculă de carbon RCG

Tipul	P_d (W)	Domeniul valorilor nominale (Ω ... MΩ)	Tensiunea nominală limită (V)	Toleranţe (± %)	Caracteristici generale	
					Factor de zgomot (μV/V)	Coeficient de temperatură (10^{-6}/°C)
2025	0,25	22 ... 1	250	2; 5; 10; 20		−500 (R_n<0,1 MΩ)
1050	0,5	10 ... 10	350	5; 10; 20		−1000 (0,1<R_n<1 MΩ)
1100	1	10 ... 4,7	500	5; 10; 20	3	−1200 (1 MΩ<R_n<10 MΩ)
1200	2	10 ... 10	500	5; 10; 20		−1500 (R_n>10 MΩ)

Tabelul 50

Rezistenţe cu peliculă metalică RMP 3000

Tipul	P_d (W)	Domeniul valorilor nominale (Ω ... MΩ)	Tensiunea nominală limită (V)	Caracteristici generale		
				Toleranţe (± %)	Factor de zgomot (μV/V)	Coeficient de temperatură (10^{-6}/°C)
3012	0,125	50 ... 0,15	125	C 0,25		−50 ... +50
				D 0,5	0,25 (10 Ω...100 kΩ)	sau
3025	0,25	20 ... 1	250	F 1		−100 ... +150
3050	0,5	10 ... 1	350	G 2	1 (R_n>100 kΩ)	sau
3100	1	10 ... 2	500	J 5		−150 ... +150

Caracteristicile termistoarelor cu coeficient negativ de temperatură de tip TG seria 6000 sînt date în tabelul 11 (cap. 23.2.1).

Notaţiile din tabelul de prezentare al termistoarelor cu coeficient pozitiv de temperatură (*PTC*) au următoarele semnificaţii:

U_{max} — tensiunea maximă de alimentare;
T_{max} — temperatura maximă de lucru;
T_A, T_N, T_E — temperaturile corespunzătoare punctelor indicate în caracteristica unui element *PTC* (v. fig. 165, cap. 23.2.4).
R_A, R_{25}, R_N, R_E — rezistenţa termistorului *PTC* la temperaturile corespunzătoare punctelor A, 25°C, N şi E;
α — coeficientul de temperatură.

Tabelul 51

Termistoare PTC

Tipul	U_{max} (V)	T_{max} (°C)	T_A (°C)	R_A (Ω)	R_{25} (Ω)	T_N (°C)	R_N (Ω)	T_E (°C)	R_E (kΩ)	α (%/K)
P 400 A6	16	180	90	150	180	130	300	160	80	20
P 350 A19	180	160	50	1000	1000	80	2000	110	1000	28
P 240 C11	30	80	−50	400	150k	−30	800	40	100	10
P 310 C11	30	120	10	70	100	40	140	95	▷50	16

30.9 Condensatoare

Schemele dispozitivelor prezentate precizează numai valorile nominale ale condensatoarelor utilizate, fără a specifica tipul, toleranța sau tensiunea de lucru.

Pentru aplicațiile de joasă frecvență sînt satisfăcătoare în funcție de domeniul de valori solicitat condensatoarele cu polistiren din seria PS 00.10 (cu terminale axiale) sau PS 00.20 (cu terminale de implantare) respectiv condensatoarele cu folie de poliester metalizată (Mylar) din seria PMP 03.00.

În cazul schemelor ce impun valori nominale mai mari, la tensiuni mici și cu o bună stabilitate a parametrilor (montajele de temporizare) se recomandă utilizarea condensatoarelor de tantal din seria CTS-P 10.00 (tip picătură) sau CTS-M 20.00 (în tub metalic).

Decuplările de alimentare sau de trasee lungi, la circuitele imprimate echipate cu circuite integrate, se fac cu condensatoare ceramice disc din seria CG 12.00 sau plachete din seria CG 32.00. Aceste condensoare nu sînt figurate în schemele dispozitivelor prezentate. În aplicațiile ce utilizează valori mari de condensatoare se recomandă condensatoarele electrolitice polarizate din seria EG 51.00 (miniatură cu terminale axiale), EG 61.00 (miniatură cu terminale de implantare) sau EG 70.00 și EG 72.00 (de mare capacitate).

Caracteristicile electrice generale și cele particulare pe clase de condensatoare de același tip sînt date în tabelele 52, 53, 54, 55, 56. Semnificația notațiilor din tabele este următoarea:

C_n — valoarea nominală a condensatoarelor;
U_n — tensiunea nominală de lucru;
tg δ — tangenta unghiului de pierderi;
R_{iz} — rezistența de izolație;
k_T — coeficientul de temperatură;
ΔT — gama temperaturilor de lucru;
I_f — curentul de fugă.

Tabelul 52

Condensatoare cu polistiren PS

Tipul	Domeniul valorilor nominale (pF ... nF)	ΔT (°C)	k_T (10^{-6}/°C)	Caracteristici generale			
				tg δ	R_{iz} (MΩ)	Toleranțe (±%)	U_n (V)
00.10	100 ... 100	−10 ... +70	−60 ... 220	$<10^{-3}$ ($C_n<1$ nF $f=1$ MHz)	$>10^2$ ($U_n<100$ V)	2 5	25 63
00.20	4700 ... 100	−10 ... +70	−60 ... 220	$<5\cdot10^{-4}$ ($C_n>1$ nF $f=1$ kHz)	$>10^5$ ($U_n>100$ V)	10 20	160 250 630 1000

Tabelul 53

Condensatoare cu poliester metalizat PMP 03.00

Tipul	Domeniul valorilor nominale (nF ... μF)	ΔT (°C)	Caracteristici generale			
			tg δ	R_{iz} (MΩ)	Toleranțe (±%)	U_n (V)
03.01 – 03.08	10 ... 2,2	−40 ... +85	$<0{,}01 (C_n > 0{,}33$ μF $f = 50$ Hz) $< 0{,}01 (C_n < 0{,}33$ μF $f = 1$ kHz	$> 3 \cdot 10^4$ ($C_n > 0{,}33$ μF)	10 20	100 250 400 500

Tabelul 54

Condensatoare electrolitice cu tantal CTS

Tipul	Domeniul valorilor nominale (μF)	ΔT (°C)	U_n (V_{cc})	tg δ	I_f (μA)	Toleranțe (±%)
10.00	1 ... 22	−55 ... +85	6,3; 10; 25; 35; 40	$\leqslant 0{,}15$	1,5 sau $< 0{,}02\ C_n U_n$	10; 20
20.00	1 ... 220	−55 ... +85	6,3; 10; 25; 35	$< 0{,}08\ C_n < 100$ μF $< 0{,}1\ C_n > 100$ μF	idem	20

Tabelul 55

Condensatoare ceramice CG

Tipul	Domeniul valorilor nominale (pF)	ΔT (°C)	U_n (V_{cc})	Caracteristici generale		
				tg δ	R_{iz} (MΩ)	Toleranțe (±%)
12.00	1,5 ... 220	−40 ... +85	500	$\leqslant 10^{-3}\ C_n > 50$ pF	10^5	5
32.00	33 ... 1000	−40 ... +85	63	$\leqslant (150/C+7)\ 10^{-4}\ C_n <$ $\leqslant 50$ pF	10^5	10

Tabelul 56

Condensatoare electrolitice EG

Tipul	Domeniul valorilor nominale (μF)	ΔT (°C)	U_n (V_{cc})	tg δ	I_f (μA)	Toleranțe (%)
51.00	1,5 ... 300	−20 ... +70	3; 6; 12; 15; 25; 50; 100	0,2 ... 0,4	$0{,}08\ C_n U_n$	−20 ... +100
61.00	4 ... 500	−25 ... +70	3; 6; 10; 12; 25; 50	0,25 ... 0,4	$0{,}02\ C_n U_n + 20$	−20 ... +100
70.00	680; 1000	−40 ... +70	25; 63	0,25 ... 0,3	$0{,}03\ C_n U_n + 20$	−10 ... +50
72.00	680 ... 6800	−40 ... +70	25; 40	0,25 ... 0,3	$0{,}03\ C_n U_n + 20$	−10 ... +50

30.10 Alte componente

Marea majoritate a schemelor și aplicațiilor prezentate în legătură cu lămpile fulger utilizează tuburi cu descărcare în gaz din seria IFK. Caracteristicile acestor tuburi sînt date în tab. 9 (cap. 9.3).

Eclatoarele KAS-02 (fig. 98,99 cap. XIV.2) din schemele de fulgere electronice stroboscopice pot fi înlocuite cu contactoare bilaterale cu siliciu de tensiune medie.

Tuburile de afișaj NIXIE sînt de tipul ITT 5870 S. Pentru afișaje se pot utiliza și afișoarele digitale ROL 77 (ICCE Buc.) împreună cu decodificatoarele binar-7 segmente SN 747.

Releele RI-8 sînt relee de automatizare (UEM Buc.) livrate în mai multe variante de contacte. Varianta E are 6 contacte comutatoare iar varianta F are 4 contacte comutatoare, din care unul întărit special pentru comutările de puteri mai mari. Releele de 24 V folosite în scheme au rezistența înfășurării de 300 Ω (6 400 spire Cu· Em· 0,12). În funcție de înfășurarea bobinei releele RI-8 pot fi acționate la 6 V, 12 V, 24 V sau 48 V.

Pentru scheme de comandă a unor puteri de rupere pe contact de ordinul 200—500 VA se recomandă releele de tip RI-13 (UEM Buc.). Aceste relee se bobinează pentru tensiuni de 24, 48, 110, 220 V c.a. 50 Hz sau 60 Hz respectiv pentru 6, 12, 24, 48, 110, 220 V c.c. Releele RI-13 sînt prevăzute cu socluri avînd trei contacte comutatoare, protejate prin încapsulare. Timpii de acționare și revenire sînt de 15—22 ms.